



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 102 51 875 A 1

51 Int. Cl. 7:
F 02 D 41/14

21 Aktenzeichen: 102 51 875.0
22 Anmeldetag: 7. 11. 2002
43 Offenlegungstag: 10. 7. 2003

DE 102 51 875 A 1

30 Unionspriorität:
01/344596 09. 11. 2001 JP
02/291818 04. 10. 2002 JP
71 Anmelder:
Honda Giken Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP
74 Vertreter:
Weickmann & Weickmann, 81679 München

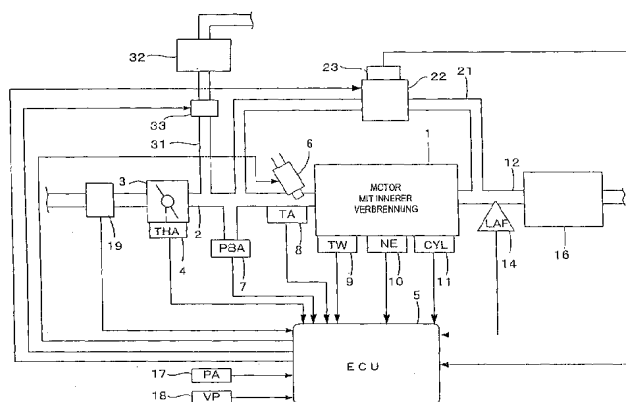
72 Erfinder:
Takizawa, Osamu, Wako, Saitama, JP; Yasui, Yuji,
Wako, Saitama, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelsystem für einen Motor mit innerer Verbrennung

57 Es ist ein Kraftstoff-Steuer/Regelsystem für einen Verbrennungsmotor (1) offenbart. Eine Basis-Kraftstoffmenge, welche dem Motor (1) zugeführt wird, wird nach Maßgabe der durch den Ansaugluft-Strömungsratensensor (19) erfassten Ansaugluft-Strömungsrate berechnet. Zur Korrektur einer dem Motor (1) zuzuführenden Kraftstoffmenge, derart, dass das erfasste Luft-Kraftstoff-Verhältnis mit einem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis übereinstimmt, wird ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizient berechnet. Wenigstens ein Korrelationsparametervektor, welcher eine Korrelation zwischen dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten und der durch den Ausaugluft-Strömungsratensensor (19) erfassten Ansaugluft-Strömungsrate definiert, wird unter Verwendung eines sequentiellen statistischen Verarbeitungsalgorithmus berechnet. Ein Lern-Korrekturkoeffizient, betreffend eine Änderung der Eigenschaften des Ansaugluft-Strömungsratensensors, wird unter Verwendung des Korrelationsparameters berechnet. Eine dem Motor (1) zuzuführende Kraftstoffmenge wird unter Verwendung der Basis-Kraftstoffmenge, des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten und des Lern-Korrekturkoeffizienten gesteuert/geregelt.



DE 102 51 875 A 1

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelsystem für einen Motor mit innerer Verbrennung. Sie betrifft insbesondere ein Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelsystem, bei welchem eine Ansaugluft-Strömungsrate des Verbrennungsmotors durch einen Ansaugluft-Strömungsratensensor erfasst wird und bei welchem eine dem Motor zuzuführende Kraftstoffmenge nach Maßgabe der erfassten Ansaugluft-Strömungsrate gesteuert/geregt wird.

[0002] Ein Verfahren eines Erfassens einer Ansaugluft-Strömungsrate des Verbrennungsmotors mit einem Hitzdraht-Strömungsmessgerät ist allgemein bekannt. Die Charakteristik des Hitzdraht-Strömungsmessgeräts verändert sich aufgrund von Alterung. Daher liegt ein Problem eines ansteigenden Erfassungsfehlers der Ansaugluft-Strömungsrate vor, wenn das Hitzdraht-Strömungsmessgerät über eine lange Zeit verwendet wird. Zur Lösung dieses Problems ist in der japanischen Patentoffenlegungsschrift (Kokoku) Hei 7-23702 ein Verfahren einer Berechnung eines Lern-Korrekturwerts nach Maßgabe von Änderungen in der Charakteristik des Hitzdraht-Strömungsmessgeräts dargelegt.

[0003] Gemäß diesem Verfahren wird ein negativer Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Rückmeldungsbetrag CFB nach Maßgabe einer Ausgabe eines Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors, welcher in einem Abgassystem des Verbrennungsmotors vorgesehen ist, derart berechnet, dass das erfasste Luft-Kraftstoff-Verhältnis mit einem Sollwert übereinstimmt. Ferner wird eine Mehrzahl von Werten CL1, CL2 und CL3 des negativen Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Rückmeldungsbetrags CFB, welche jeweils einer Mehrzahl von Strömungsratenpunkten QL1, QL2 und QL3 entsprechen, die die Veränderung der Charakteristik bei dem Hitzdraht-Strömungsmessgerät repräsentieren, in einem Speicher gespeichert. Der Lern-Korrekturwert wird durch die Interpolation oder Extrapolation nach Maßgabe der in dem Speicher gespeicherten Daten und der durch das Hitzdraht-Strömungsmessgerät erfassten Ansaugluft-Strömungsrate Q berechnet.

[0004] Bei dem in der japanischen Offenlegungsschrift (KOKOKU) HEI 7-23702 gezeigten Verfahren werden die Werte CL1, CL2 und CL3 des negativen Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Rückmeldungsbetrags CFB, welche vorbestimmten Strömungsratenpunkten QL1, QL2 und QL3 entsprechen, in dem Speicher gespeichert. Weiterhin werden die gespeicherten Daten zur Berechnung des Lern-Korrekturwerts verwendet. Falls sich die Werte CL1, CL2 und CL3 des negativen Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Rückmeldungsbetrags CFB in dem Speicher aufgrund einer Änderung des Motorbetriebszustands ändern, gibt der Lern-Korrekturwert dementsprechend die Änderungen der Werte CL1, CL2 und CL3 direkt wieder, was zu einer großen Schwankung des Lern-Korrekturwerts führt. Gemäß diesem Verfahren wird die Veränderung der Charakteristik des Hitzdraht-Strömungsmessgeräts in der Mehrzahl der Strömungsratenpunkte QL1, QL2 und QL3 überwacht. Wenn die Anzahl der Überwachungspunkte erhöht wird, um die Genauigkeit des Lern-Korrekturwerts zu verbessern, nimmt die Speicherkapazität zu. Dementsprechend ist es aus Herstellkostensicht nicht erwünscht, die Anzahl von Überwachungspunkten in großem Maß zu erhöhen.

[0005] Die Verschärfung von Emissionsbestimmungen (Emissionen schädlicher Gase) hat aufgezeigt, dass die Verschlechterung oder die Veränderung einer Charakteristik in Teilen des Motors oder der Motorsteuer/regelvorrichtungen eine nachteilige Wirkung auf die Abgascharakteristika des Motors ausübt. Daher ist es wünschenswert, einen Lern-Korrekturkoeffizienten mit einem höheren Grad an Genauigkeit in Abhängigkeit von der Veränderung der Charakteristik des Ansaugluft-Strömungsratensensors zu erhalten.

[0006] Ein Verfahren einer Bestimmung einer Abnormalität bzw. einer Verschlechterung des Ansaugluft-Strömungsratensensors ist aus der japanischen Offenlegungsschrift (Kokoku) Hei 8-6623 bekannt. Bei diesem Verfahren wird die Abnormalität bzw. die Verschlechterung auf Grundlage der erfassten Werte des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors, des Drosselventil-Öffnungssensors und des Motordrehzahlsensors erfasst.

[0007] Gemäß diesem Verfahren einer Bestimmung der Charakterik-Verschlechterung (Abnormalität) des Ansaugluft-Strömungsratensensors wird die Bestimmung nicht mit den statistisch verarbeiteten Daten der vom Sensor erfassten Werte, sondern mit den vom Sensor erfassten Werten selbst durchgeführt. Daher liegt ein Problem dahingehend vor, dass die Bestimmungsgenauigkeit sinkt, wenn die Frequenz der Bestimmung erhöht wird.

[0008] Es ist eine erste Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelsystem für einen Verbrennungsmotor bereitzustellen, welcher einen genauen Lern-Korrekturwert erhalten kann, der einen Einfluss der Veränderung der Charakteristik des Ansaugluft-Strömungsratensensors kompensiert, um dadurch eine gute Steuerbarkeit/Regelbarkeit der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Steuerung/Regelung zu erhalten.

[0009] Es ist eine zweite Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelsystem für einen Verbrennungsmotor bereitzustellen, welcher regelmäßig einen Betrieb des Ansaugluft-Strömungsratensensors überwachen kann, um eine Abnormalität in dem Ansaugluft-Strömungsratensensor genau zu bestimmen.

[0010] Um die erste Aufgabe zu lösen, stellt die vorliegende Erfindung ein Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelsystem für einen Verbrennungsmotor bereit, umfassend ein Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittel (19), ein Basis-Kraftstoffmengen-Berechnungsmittel, einen in einem Abgassystem (12) des Motors vorgesehenen Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (14), ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten-Berechnungsmittel, ein Korrelationsparameter-Berechnungsmittel, ein Lernmittel und ein Kraftstoffmengen-Steuer/Regelmittel.

[0011] Das Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittel (19) erfasst eine Ansaugluft-Strömungsrate (QAIR) des Motors. Das Basis-Kraftstoffmengen-Berechnungsmittel berechnet eine dem Motor zugeführte Basis-Kraftstoffmenge (TIM) nach Maßgabe der durch das Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittel (19) erfassten Ansaugluft-Strömungsrate (QAIR). Das Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten-Berechnungsmittel berechnet einen Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) zur Korrektur einer dem Motor zuzuführenden Kraftstoffmenge derart, dass das durch den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (14) erfasste Luft-Kraftstoff-Verhältnis mit einem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis übereinstimmt. Das Korrelationsparameter-Berechnungsmittel berechnet unter Verwendung eines Algorithmus zur sequentiellen statistischen Verarbeitung wenigstens einen Korrelationsparametervektor (θ_1 , θ_2), welcher eine Korrelation zwischen dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) und der durch das Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittel (19) erfassten Ansaugluft-Strömungsrate (QAIR) definiert. Das Lernmittel berechnet einen Lern-Korrekturkoeffizienten (KREFG) betreffend eine Änderung bei Eigenschaften des Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittels (19) unter Verwendung des wenigstens einen Korrelationsparametervektors (θ_1 , θ_2). Das Kraft-

stoffmengen-Steuer/Regelmittel steuert/regelt eine dem Motor zuzuführende Kraftstoffmenge (TOUT) unter Verwendung der Basis-Kraftstoffmenge (TIM), des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) sowie des Lern-Korrekturkoeffizienten (KREFG).

[0012] Mit dieser Konfiguration wird unter Verwendung des sequentiellen statistischen Verarbeitungsalgorithmus wenigstens ein Korrelationsparametervektor berechnet, welcher eine Korrelation definiert zwischen dem Luft-Kraftstoff-Korrekturkoeffizienten, der eine dem Motor zuzuführende Kraftstoffmenge derart korrigiert, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis mit dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis übereinstimmt, und der durch das Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittel erfassten Ansaugluft-Strömungsrate. Ferner wird der Lern-Korrekturkoeffizient, welcher eine Änderung bei Eigenschaften des Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittels betrifft, unter Verwendung des wenigstens einen Korrelationsparametervektors berechnet. Die dem Motor zuzuführende Kraftstoffmenge wird unter Verwendung des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten, des Lern-Korrekturkoeffizienten, sowie der Basis-Kraftstoffmenge gesteuert/geregt, welche nach Maßgabe der durch das Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittel erfassten Ansaugluft-Strömungsrate festgelegt wird. Dies bedeutet, es wird auf Grundlage von zahlreichen erfassten Daten wenigstens ein Korrelationsparametervektor mit der statistischen Verarbeitung berechnet. Weiterhin wird der Lern-Korrekturkoeffizient unter Verwendung des errechneten Korrelationsparametervektors berechnet. Es ist daher möglich, den Lern-Korrekturkoeffizienten, welcher einem gemittelten Zustand der sich ständig ändernden Motorbetriebszustände entspricht, mit einem hohen Grad an Genauigkeit zu erhalten. Da der sequentielle statistische Verarbeitungsalgorithmus bzw. Algorithmus zur sequentiellen statistischen Verarbeitung verwendet wird, wird für eine statistische Verarbeitung außerdem keine besondere Berechnungsvorrichtung benötigt, wie etwa eine CPU. Die Berechnung für die statistische Verarbeitung kann mit einer verhältnismäßig geringen Speicherkapazität ausgeführt werden.

[0013] Vorzugsweise umfasst das Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelsystem ferner Abnormalitäts-Erfassungsmittel zur Erfassung einer Abnormalität in dem Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittel nach Maßgabe eines Elements (A1, A2) des wenigstens einen Korrelationsparametervektors (θ_1 , θ_2).

[0014] Mit dieser Konfiguration wird die Abnormalität in dem Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittel nach Maßgabe des Elements des wenigstens einen Korrelationsparametervektors bestimmt. Dementsprechend wird der Betrieb des Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittels regelmäßig überwacht, um die Frequenz der Abnormalitätsbestimmung zu erhöhen und die Genauigkeit der Abnormalitätsbestimmung zu verbessern.

[0015] Vorzugsweise berechnet das Korrelationsparameter-Berechnungsmittel eine Mehrzahl von Korrelationsparametervektoren (θ_1 , θ_2), welche einer Mehrzahl von Betriebsbereichen (R1, R2) des Motors entsprechen.

[0016] Mit dieser Konfiguration wird über einen breiten Bereich von Motorbetriebszuständen ein hoher Grad an Genauigkeit des Lern-Korrekturkoeffizienten erhalten.

[0017] Vorzugsweise berechnet das Korrelationsparameter-Berechnungsmittel eine Mehrzahl von Korrelationsparametervektoren (θ_1 , θ_2), von denen jeder die Korrelation mit einem linearen Ausdruck definiert, und das Lernmittel schaltet den zur Berechnung des Lern-Korrekturkoeffizienten (KREFG) verwendeten Korrelationsparametervektor (θ_1 , θ_2) bei einem Schnittpunkt (PX) von geraden Linien (LR1, LR2) um, welche den linearen Ausdrücken entsprechen.

[0018] Mit dieser Konfiguration wird der Korrelationsparametervektor, welcher zur Berechnung des Lern-Korrekturkoeffizienten verwendet wird, bei einem Schnittpunkt der geraden Linien, welche einer Mehrzahl der Korrelationsparametervektoren entsprechen, umgeschaltet bzw. gewechselt. Dementsprechend wird verhindert, dass der Lern-Korrekturkoeffizient sich beim Schalten bzw. wechseln des Korrelationsparametervektors abrupt ändert. Dies führt dann zu einem sanften Umschalten bzw. Wechseln.

[0019] Vorzugsweise berechnet das Korrelationsparameter-Berechnungsmittel den wenigstens einen Korrelationsparametervektor (B1, B2) dann, wenn der Motor in einem vorbestimmten Betriebszustand arbeitet.

[0020] Mit dieser Konfiguration wird der wenigstens eine Korrelationsparametervektor dann berechnet, wenn der Motor in dem vorbestimmten Betriebszustand arbeitet. Dementsprechend wird der wenigstens eine Korrelationsparametervektor genau berechnet, was die Genauigkeit der Lern-Korrektur verbessert.

[0021] Vorzugsweise berechnet das Korrelationsparameter-Berechnungsmittel einen modifizierten Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAFMOD) durch Modifizieren des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) mit dem Lern-Korrekturkoeffizienten (KREFG) und berechnet den wenigstens einen Korrelationsparametervektor (θ_1 , θ_2) unter Verwendung des modifizierten Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAFMOD).

[0022] Bei dieser Konfiguration wird der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizient mit dem Lern-Korrekturkoeffizienten modifiziert, um dadurch den modifizierten Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten zu berechnen. Dann wird der wenigstens eine Korrelationsparametervektor unter Verwendung des modifizierten Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten anstatt des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten berechnet. Wenn der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizient selbst verwendet wird, besteht die Möglichkeit, dass die Lern-Steuerung/Regelung durch den Lern-Korrekturkoeffizienten in einen pendelnden bzw. schwankenden Zustand gelangt. Ein solches Problem kann unter Verwendung des modifizierten Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten vermieden werden.

[0023] Vorzugsweise berechnet das Korrelationsparameter-Berechnungsmittel den wenigstens einen Korrelationsparametervektor (θ_1 , θ_2) unter Verwendung einer Abweichung (KAF-1) zwischen dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) und einem Zentralwert des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten.

[0024] Bei dieser Konfiguration wird anstelle des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten die Abweichung zwischen dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten und einem Zentralwert des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten verwendet, um den wenigstens einen Korrelationsparametervektor zu berechnen. Die Abweichung schwankt um null herum, welches das Zentrum des Schwankungsbereichs ist. Dementsprechend kann der wenigstens eine Korrelationsparametervektor mit einem höheren Genauigkeitsgrad erhalten werden, wenn der sequentielle statistische Verarbeitungsalgorithmus verwendet wird.

[0025] Vorzugsweise verwendet das Korrelationsparameter-Berechnungsmittel den sequentiellen statistischen Verarbeitungsalgorithmus, wobei es Werte von Elementen (A1, B1, A2, B2) des wenigstens einen Korrelationsparametervektor

tors (θ_1 , θ_2) innerhalb eines vorbestimmten Bereichs begrenzt. Dementsprechend wird ein stabiler Korrelationsparametervektor erhalten.

[0026] Zur Lösung der zweiten Aufgabe stellt die vorliegende Erfindung ein Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelsystem für einen Verbrennungsmotor bereit, umfassend ein Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittel (19), ein Basis-Kraftstoffmengen-Berechnungsmittel, einen in einem Abgassystem (12) des Motors vorgesehenen Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (14), ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten-Berechnungsmittel, ein Korrelationsparameter-Berechnungsmittel, ein Kraftstoffmengen-Steuer/Regelungsmittel sowie ein Abnormalitäts-Bestimmungsmittel.

[0027] Das Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittel (19) erfasst eine Ansaugluft-Strömungsrate (QAIR) des Motors. Das Basis-Kraftstoffmengen-Berechnungsmittel berechnet eine dem Motor zugeführte Basis-Kraftstoffmenge (TIM) nach Maßgabe der durch das Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittel (19) erfassten Ansaugluft-Strömungsrate (QAIR). Das Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten-Berechnungsmittel berechnet einen Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) zur Korrektur einer dem Motor zuzuführenden Kraftstoffmenge derart, dass das durch den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (14) erfasste Luft-Kraftstoff-Verhältnis mit einem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis übereinstimmt. Das Korrelationsparameter-Berechnungsmittel berechnet unter Verwendung eines Algorithmus zur sequentiellen statistischen Verarbeitung wenigstens einen Korrelationsparametervektor (θ_1 , θ_2), welcher eine Korrelation zwischen dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) und der durch das Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittel (19) erfassten Ansaugluft-Strömungsrate (QAIR) definiert. Das Kraftstoffmengen-Steuer/Regelungsmittel steuert/regelt eine dem Motor zuzuführende Kraftstoffmenge (TOUT) unter Verwendung der Basis-Kraftstoffmenge (TIM) und des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF). Das Abnormalitäts-Bestimmungsmittel bestimmt eine Abnormalität in dem Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittel (19) nach Maßgabe eines Elements (A1, A2) des wenigstens einen Korrelationsparametervektors (θ_1 , θ_2).

[0028] Bei dieser Konfiguration wird wenigstens ein Korrelationsparametervektor unter Verwendung des sequentiellen statistischen Verarbeitungsalgorithmus berechnet. Der Korrelationsparameter bzw. Korrelationsparametervektor definiert eine Korrelation zwischen dem Luft-Kraftstoff-Korrekturkoeffizienten, welcher eine dem Motor zuzuführende Kraftstoffmenge derart korrigiert, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis mit dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis übereinstimmt, und der durch das Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittel erfassten Ansaugluft-Strömungsrate. Die Menge an dem Motor zuzuführenden Kraftstoff wird unter Verwendung des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten und der Basis-Kraftstoffmenge berechnet, welche nach Maßgabe der durch das Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittel erfassten Ansaugluft-Strömungsrate festgelegt wird. Ferner wird eine Abnormalität in dem Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittel nach Maßgabe des Elements des wenigstens einen Korrelationsparametervektors bestimmt. Als Folge wird der Betrieb des Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittels regelmäßig überwacht, um die Genauigkeit der Abnormalitätsbestimmung zu verbessern.

[0029] Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden im Folgenden unter Bezugnahme der Zeichnungen erläutert werden. Es stellt dar:

[0030] Fig. 1 eine schematische Darstellung, welche eine Konfiguration eines Verbrennungsmotors und eines Steuer/Regelsystems für diesen gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt,

[0031] Fig. 2 einen Graphen, welcher eine Beziehung zwischen einem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) und einer Ansaugluft-Strömungsrate (QAIR) zeigt, die durch einen sich in einem normalen Zustand befindenden Ansaugluft-Strömungsratensensor erfasst wird,

[0032] Fig. 3 einen Graphen, welcher eine Beziehung zwischen dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) und der Ansaugluft-Strömungsrate (QAIR) zeigt, die durch den sich in einem abnormalen Zustand befindenden Ansaugluft-Strömungsratensensor erfasst wird,

[0033] Fig. 4 einen Graphen, welcher eine gerade Linie (LST) zeigt, die eine Korrelation zwischen dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) und der Ansaugluft-Strömungsrate (QAIR) annähert, welche durch den sich in einem abnormalen Zustand befindenden Ansaugluft-Strömungsratensensor erfasst wird,

[0034] Fig. 5 einen Graphen, welcher eine Beziehung zwischen einem Parameter (KAF-1), der von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) abhängt, und der Ansaugluft-Strömungsrate (QAIR) zeigt, welche durch den sich in einem abnormalen Zustand befindenden Ansaugluft-Strömungsratensensor erfasst wird,

[0035] Fig. 6A und 6B Graphen, welche eine Beziehung zwischen dem Parameter (KAF-1) und der Ansaugluft-Strömungsrate (QAIR) zeigen, welche durch den Ansaugluft-Strömungsratensensor erfasst wird, der sich in einem normalen Zustand bzw. in einem abnormalen Zustand befindet.

[0036] Fig. 7 einen Graphen, welcher eine Beziehung zwischen einem Parameter (KAFMOD-1), der von einem modifizierten Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAFMOD) abhängt, und der Ansaugluft-Strömungsrate (QAIR) zeigt, die von dem Ansaugluft-Strömungsratensensor erfasst wird,

[0037] Fig. 8 ein Flussdiagramm, welches einen Prozess zur Berechnung einer Kraftstoffeinspritzdauer (TOUT) zeigt,

[0038] Fig. 9 einen Graphen, welcher ein Problem darstellt, das auftritt, wenn eine Korrelation auf den gesamten Motorbetriebsbereich angewendet wird,

[0039] Fig. 10 einen Graphen, welcher ein Beispiel darstellt, in dem die Korrelation durch zwei gerade Linien angenähert ist,

[0040] Fig. 11A und 11B Graphen, welche ein Auswahlverfahren einer geraden Linie aus zwei geraden Näherungslinien darstellen,

[0041] Fig. 12 ein Flussdiagramm, welches einen Prozess der zweiten Ausführungsform zur Berechnung einer Kraftstoffeinspritzdauer (TOUT) zeigt,

[0042] Fig. 13 ein Flussdiagramm, welches einen Prozess zur Berechnung eines Lern-Korrekturkoeffizienten (KREFG) zeigt,

[0043] Fig. 14A –14C Modifikationen des in den Fig. 11A und 11B gezeigten Auswahlverfahrens.

[0044] Es wird Bezug auf **Fig. 1** genommen. Dort ist schematisch eine allgemeine Konfiguration eines Verbrennungsmotors (welcher im Folgenden als "Motor" bezeichnet werden wird) und eines Steuer/Regelsystems für diesen gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigt. Der Motor ist z. B. ein Vierzylindermotor **1** und weist ein mit einem Drosselventil **3** versehenes Einlassrohr **2** auf. Ein Drosselöffnungssensor **4** ist mit dem Drosselventil **3** verbunden und gibt ein elektrisches Signal aus, welches einer Öffnung THA des Drosselventils **3** entspricht. Dieses elektrische Signal führt er einer elektronischen Steuer/Regeleinheit **5** zu (welche im Folgenden als "ECU" (= "electronic control unit") bezeichnet werden wird).

[0045] Das Einlassrohr **2** ist an einer Stelle stromaufwärts des Drosselventils **3** mit einem Ansaugluft-Strömungsratensensor **19** versehen. Das Ausgangssignal des Ansaugluft-Strömungsratensensors **19** wird der ECU **5** zugeführt.

[0046] Kraftstoffeinspritzventile **6**, von denen lediglich eines gezeigt ist, sind an Stellen zwischen dem Zylinderblock des Motors **5** und dem Drosselventil **3** sowie leicht stromaufwärts der jeweiligen Einlassventile (nicht dargestellt) in das Einlassrohr **2** eingeführt. Diese Kraftstoffeinspritzventile **6** sind mit einer (nicht dargestellten) Kraftstoffpumpe verbunden und elektrisch an die ECU **5** angeschlossen. Eine Ventilöffnungsdauer für jedes Kraftstoffventil **6** wird durch eine Signalausgabe von der ECU **5** gesteuert/geregt.

[0047] Ein Einlassabsolutdrucksensor **7** ist unmittelbar stromabwärts des Drosselventils **3** vorgesehen, um einen absoluten Einlassdruck PBA zu erfassen. Durch den Einlassabsolutdrucksensor **7** wird der ECU **5** ein in ein elektrisches Signal umgewandeltes Absolutdrucksignal zugeführt. Stromabwärts des Einlassabsolutdrucksensors **7** ist ein Ansauglufttemperatursensor **8** vorgesehen, um eine Ansauglufttemperatur TA zu erfassen. Ein der erfassten Ansauglufttemperatur TA entsprechendes elektrisches Signal wird von dem Sensor **8** ausgegeben und der ECU **5** zugeführt.

[0048] Ein Motorkühlmittel-Temperatursensor **9**, wie etwa ein Thermistor, ist an den Körper des Motors **1** montiert, um eine Motorkühlmittel-Temperatur (Kühlwassertemperatur) TW zu erfassen. Von dem Sensor **9** wird ein der erfassten Motorkühlmittel-Temperatur TW entsprechendes Temperatursignal ausgegeben und der ECU **5** zugeführt.

[0049] Ein Motordrehzahlsensor **10** (zur Erfassung der Motordrehzahl NE) und ein Zylinder-Diskriminationssensor **11** sind zueinander hinweisend an einer Nockenwelle oder einer Kurbelwelle (beide nicht dargestellt) des Motors **1** angebracht. Der Motordrehzahlsensor **10** gibt einen TDC-Signalimpuls (TDC = "top dead center" = oberer Totpunkt) bei einer Kurbelwinkelposition aus, welche bei einem vorbestimmten Kurbelwinkel vor dem oberen Totpunkt (TDC) gelegen ist und welche dem Beginn eines Einlasshubes eines jeden Zylinders des Motors **1** entspricht (im Falle eines Vierzylindermotors bei jedem 180° Kurbelwinkel). Der Zylinder-Diskriminationssensor **11** gibt einen Zylinder-Diskriminationssignalimpuls (CYL) bei einer vorbestimmten Kurbelwinkelposition für einen bestimmten Zylinder des Motors **1** aus. Diese von den Sensoren **10** und **11** ausgegebenen Signalimpulse werden der ECU **5** zugeführt.

[0050] Ein Auspuffrohr **12** des Motors **1** ist mit einem Dreiwegekatalysator **16** zur Reduktion von in den Abgasen enthaltenen NO_x, HC und CO versehen. Ein proportionaler Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor **14** (welcher im Folgenden als "LAF-Sensor" bezeichnet werden wird) ist an dem Auspuffrohr **12** bei einer Position stromaufwärts des Dreiwegekatalysators **16** angebracht. Der LAF-Sensor **14** gibt ein elektrisches Signal aus, welches im Wesentlichen proportional zur Sauerstoffkonzentration (Luft-Kraftstoff-Verhältnis) in den Abgasen ist, und führt das elektrische Signal der ECU **5** zu.

[0051] Ein Abgas-Rückführkanal **21** ist zwischen einem Abschnitt des Einlassrohrs **2** stromabwärts des Drosselventils **3** und einem Abschnitt des Auspuffrohrs **12** stromaufwärts des Dreiwegekatalysators **16** als Verbindung vorgesehen. Der Abgas-Rückführkanal **21** ist mit einem Abgas-Rückführventil **22** (welches im Folgenden als "EGR-Ventil" bezeichnet wird) versehen, um ein Maß an Abgasrückführung zu steuern/regeln. Das EGR-Ventil **22** ist ein elektromagnetisches Ventil mit einem Solenoid. Sein Ventilöffnungsgrad wird durch die ECU **5** gesteuert/geregt. Das EGR-Ventil **22** ist mit einem Hubsensor **23** zur Erfassung des Ventilöffnungsgrads LACT (Ventilhubbetrag) des EGR-Ventils **22** versehen. Ein Erfassungssignal von dem Hubsensor **23** wird der ECU **5** zugeführt. Der Abgas-Rückführkanal **21** und das EGR-Ventil **22** bilden einen Abgas-Rückführmechanismus.

[0052] Mit einem (nicht dargestellten) Kraftstofftank ist ein Behälter **32** verbunden, um im Inneren des Kraftstofftanks erzeugten bzw. entstandenen Kraftstoffdampf zu speichern. Der Behälter **32** enthält ein Adsorptionsmittel zur Adsorption von verdampftem Kraftstoff. Der Behälter **32** ist durch einen Reinigungskanal **31** mit dem Einlassrohr **2** bei einer Position stromabwärts des Drosselventils **3** verbunden. Der Reinigungskanal **31** ist mit einem Reinigungssteuer/regelventil **33** versehen. Das Reinigungssteuer/regelventil **33** ist ein Solenoidventil, welches in der Lage ist, die Strömungsrate durch Veränderung des Ein-Aus-Arbeitszyklusverhältnisses eines empfangenen Steuer/Regelsignals kontinuierlich zu steuern/regeln. Der Betrieb des Reinigungssteuer/regelventils **33** wird durch die ECU **5** gesteuert/geregt. Alternativ kann das Reinigungssteuer/regelventil **33** durch ein Solenoidventil vorgesehen sein, dessen Ventilöffnungsgrad kontinuierlich variabel ist. In diesem Falle entspricht das oben erwähnte Ein-Aus-Arbeitszyklusverhältnis dem Ventilöffnungsgrad in einem solchen Solenoidventil mit kontinuierlich variabler Ventilöffnung. Der Reinigungskanal **31**, der Behälter **32** und das Reinigungssteuer/regelventil **33** bilden ein Kraftstoffdampf-Verarbeitungssystem.

[0053] An die ECU **5** sind ein Umgebungsdrucksensor **17** zur Erfassung eines Umgebungsdrucks PA sowie ein Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **18** zur Erfassung einer Fahrzeuggeschwindigkeit VP eines durch den Motor **1** angetriebenen Fahrzeugs angeschlossen. Erfassungssignale von diesen Sensoren **17** und **18** werden der ECU **5** zugeführt.

[0054] Die ECU **5** umfasst eine Eingangsschaltung mit verschiedenen Funktionen, einschließlich einer Funktion einer Gestaltung der Wellenformen von Eingangssignalen aus den verschiedenen Sensoren, einer Funktion einer Korrektur der Spannungsniveaus der Eingangssignale auf ein vorbestimmtes Niveau sowie eine Funktion einer Umwandlung von analogen Signalwerten in digitale Signalwerte. Die ECU **5** umfasst ferner eine zentrale Verarbeitungseinheit (welche im Folgenden als "CPU" bezeichnet werden wird), eine Speicherschaltung sowie eine Ausgabeschaltung. Die Speicherschaltung speichert vorab verschiedene Betriebsprogramme, welche durch die CPU ausgeführt werden sollen, sowie die Berechnungsergebnisse oder dgl. durch die CPU. Die Ausgabeschaltung liefert Antriebssignale an die Kraftstoffeinspritzventile **6**, das EGR-Ventil **22** und das Reinigungssteuer/regelventil **33**.

[0055] Die ECU **5** bestimmt verschiedene Motorbetriebszustände nach Maßgabe der Ausgabesignale von den oben er-

wählten Sensoren, um dem Solenoid des EGR-Ventils **22** ein Steuer/Regelsignal zuzuführen. Genauer legt die ECU **5** einen Ventilhubbefehl LCMD nach Maßgabe der Motordrehzahl NE und des absoluten Einlassdrucks PBA fest und steuert/regelt das EGR-Ventil **22** derart, dass eine Abweichung zwischen dem Ventilhubbefehlswert LCMD und einem durch den Hubsensor **23** erfassten tatsächlichen Ventilhubbetrag LACT zu null wird.

- [0056]** Die CPU in der ECU **5** bestimmt verschiedene Motorbetriebszustände nach Maßgabe der Ausgabesignale von den oben genannten Sensoren und berechnet eine Kraftstoffeinspritzdauer TOUT von jedem Kraftstoffeinspritzventil **6**, welches synchron zu dem TDC-Signalimpuls geöffnet werden soll. Die Kraftstoffeinspritzdauer TOUT wird aus der unten beschriebenen Gleichung (1) berechnet, nach Maßgabe der oben bestimmten Motorbetriebszustände.

$$TOUT = TIM \times KAF \times KREFG \times KEGR \times KPURGE \times K1 + K2 \quad (1)$$

- [0057]** TIM ist eine Basis-Kraftstoffeinspritzdauer eines jeden Kraftstoffeinspritzventils **6**. Die Basis-Kraftstoffeinspritzdauer TIM wird durch Abfrage einer TI-Tabelle bestimmt, welche nach Maßgabe der Ansaugluft-Strömungsrate QAIR festgelegt ist. Die TI-Tabelle ist derart festgelegt, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis eines Luft-Kraftstoff-Gemisches, welches dem Motor **1** zugeführt werden soll, im Wesentlichen gleich dem stöchiometrischen Verhältnis wird.

- [0058]** KAF ist ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizient, welcher derart festgelegt ist, dass das durch den LAF-Sensor **14** erfasste Luft-Kraftstoff-Verhältnis mit einem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis übereinstimmt. Wenn die Regelung nach Maßgabe der Ausgabe des LAF-Sensors **14** nicht durchgeführt wird, wird der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizient KAF auf 1,0 festgelegt.

- [0059]** KREFG ist ein Lern-Korrekturkoeffizient, welcher eingeführt wird, um eine Abweichung in der Regelung durch den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten KAF zu kompensieren. Der Lern-Korrekturkoeffizient KREFG ist dann effektiv, wenn die Erfassungscharakteristik des Ansaugluft-Strömungsratensensors **19** von der vorab angenommenen durchschnittlichen Charakteristik aufgrund von Charakteristikunterschieden in als Massenware hergestellten Ansaugluft-Strömungsratensensoren oder infolge einer Alterung des Ansaugluft-Strömungsratensensors sich unterscheidet. Für diesen Koeffizienten wird im Folgenden ein besonderes Berechnungsverfahren beschrieben.

- [0060]** KEGR ist ein EGR-Korrekturkoeffizient, welcher dann auf 1,0 gesetzt ist (Nichtkorrekturwert), wenn eine Abgas-Rückführung nicht ausgeführt wird (wenn das EGR-Ventil **22** geschlossen ist), oder dann auf einen Wert kleiner als 1,0 gesetzt ist, wenn eine Abgas-Rückführung durchgeführt wird (wenn das EGR-Ventil **22** geöffnet ist), um eine Kraftstoffeinspritzmenge mit einer Abnahme der Ansaugluftmenge abzusenken.

- [0061]** KPURGE ist ein Reinigungs-Korrekturkoeffizient, welcher dann auf "1,0" gesetzt ist, wenn das Reinigungssteuer/regelventil **33** geschlossen ist. Dann, wenn das Reinigungssteuer/regelventil **33** geöffnet ist, um den verdampften Kraftstoff dem Einlassrohr **2** zuzuführen, ist KPURGE derart eingestellt, dass die Kraftstoffeinspritzmenge nach Maßgabe einer Zunahme der Menge an zugeführtem verdampftem Kraftstoff verringert wird.

- [0062]** K1 ist ein weiterer Korrekturkoeffizient und K2 ist eine Korrekturvariable. Die Werte des Korrekturkoeffizienten K1 und der Korrekturvariablen K2 werden derart bestimmt, dass verschiedene Eigenschaften nach Maßgabe von Motorbetriebszuständen optimiert werden, wie etwa Kraftstoffverbrauchseigenschaften und Motorbeschleunigungseigenschaften.

- [0063]** Die CPU führt dem Kraftstoffeinspritzventil **6** ein Antriebssignal zur Öffnung eines jeden Kraftstoffeinspritzventils **6** nach Maßgabe der oben erhaltenen Kraftstoffeinspritzdauer TOUT zu.

- [0064]** Diese Ausführungsform verwendet ein neues Berechnungsverfahren für den Lern-Korrekturkoeffizienten KREFG, welches auf Gleichung (1) angewendet wird. Dieses Berechnungsverfahren wird nun beschrieben.

- [0065]** Fig. 2 stellt den Fall dar, dass der Ansaugluft-Strömungsratensensor **19** normal (nicht verschlechtert) ist, und zeigt die Beziehung zwischen einer erfassten Ansaugluft-Strömungsrate QAIR und einem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten KAF. In Fig. 2 bezeichnet der schraffierte Bereich einen Wertebereich des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten KAF entsprechend der Ansaugluft-Strömungsrate QAIR. Wie aus Fig. 2 zu ersehen ist, wird der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizient KAF bei einem im Wesentlichen konstanten Wert in der Nähe von 1,0 gehalten, ungeachtet von Änderungen der Ansaugluft-Strömungsrate QAIR. Die in Fig. 2 gezeigte Ansaugluft-Strömungsrate QAIR ist nicht eine tatsächliche Ansaugluft-Strömungsrate, sondern eine durch den Ansaugluft-Strömungsratensensor **19** erfasste Ansaugluft-Strömungsrate. Die tatsächliche Ansaugluft-Strömungsrate wird in der folgenden Beschreibung als QAIRA bezeichnet.

- [0066]** Wenn der Ansaugluft-Strömungsratensensor **19** verschlechtert ist (z. B. wenn sich in dem Hitzdraht-Strömungsratensensor Staub an dem Hitzdraht angelagert hat), nimmt ein Fehler (eine Abweichung) zwischen der erfassten Ansaugluft-Strömungsrate QAIR und der tatsächlichen Ansaugluft-Strömungsrate QAIRA derart zu, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis sich zu einem Wert hin verändert, welcher fetter oder magerer als ein Sollwert ist. Als Folge erhöht bzw. erniedrigt sich der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizient KAF, um diese Verschiebung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses auszugleichen.

- [0067]** Dann, wenn der Ansaugluft-Strömungsratensensor **19** verschlechtert ist, wird üblicherweise ein Erfassungsfehler ERR, welcher durch die unten gezeigte Gleichung definiert ist, in dem Bereich negativ, in welchem die tatsächliche Ansaugluft-Strömungsrate QAIRA klein ist (die erfasste Ansaugluft-Strömungsrate QAIR wird größer als die tatsächliche Ansaugluft-Strömungsrate QAIRA).

$$ERR = QAIRA - QAIR$$

- [0068]** Im Gegensatz dazu wird der Erfassungsfehler ERR in dem Bereich, in welchem die tatsächliche Ansaugluft-Strömungsrate QAIRA groß ist, üblicherweise positiv (die erfasste Ansaugluft-Strömungsrate QAIR wird niedriger als die tatsächliche Ansaugluft-Strömungsrate QAIRA). Als Folge wird, wie in Fig. 3 gezeigt ist, eine positive Korrelations-Charakteristik der Ansaugluft-Strömungsrate QAIR und des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten KAF erhalten. Dies bedeutet, in dem Bereich, in welchem die tatsächliche Ansaugluft-Strömungsrate QAIRA klein ist, wird die

erfasste Ansaugluft-Strömungsrate Q_{AIR} größer als die tatsächliche Ansaugluft-Strömungsrate Q_{AIRA} , und die Basis-Kraftstoffeinspritzdauer TIM wird größer als der optimale Wert, so dass der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizient KAF kleiner als 1,0 wird. In dem Bereich, in welchem die tatsächliche Ansaugluft-Strömungsrate Q_{AIRA} groß ist, wird die erfasste Ansaugluft-Strömungsrate Q_{AIR} kleiner als die tatsächliche Ansaugluft-Strömungsrate Q_{AIRA} , und die Basis-Kraftstoffeinspritzdauer TIM wird kleiner als der optimale Wert, so dass der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizient KAF größer als 1,0 wird.

[0069] Es sollte angemerkt werden, dass eine negative Korrelations-Charakteristik der Ansaugluft-Strömungsrate Q_{AIR} und des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten KAF , welche verglichen mit der in **Fig. 3** gezeigten Korrelations-Charakteristik eine inverse Korrelation ist, abhängig von der Art und Weise einer Verschlechterung des Ansaugluft-Strömungsratensensors erhalten werden kann.

[0070] Die Korrelations-Charakteristik zwischen der Ansaugluft-Strömungsrate Q_{AIR} und dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten KAF gibt nicht nur eine Verschlechterung des Ansaugluft-Strömungsratensensors **19**, sondern ebenso eine Abweichung der Basis-Kraftstoffeinspritzdauer TIM aufgrund von Schwankungen von Eigenschaften bei als Massenware hergestellten Ansaugluft-Strömungsratensensoren wieder. Dementsprechend ist es durch Berechnen des Lern-Korrekturkoeffizienten $KREFG$ gemäß dieser Korrelations-Charakteristik und durch Einsetzen des Lern-Korrekturkoeffizienten $KREFG$ in Gleichung (1) möglich, nicht nur eine Verschlechterung des Ansaugluft-Strömungsratensensors **19**, sondern auch eine Wirkung von Schwankungen von Eigenschaften bei als Massenware hergestellten Ansaugluft-Strömungsratensensoren zu kompensieren.

[0071] Im Hinblick auf die oben beschriebenen Punkte wird eine Abnormalität (ein Zustand, in welchem ein Grad an Verschlechterung zugenommen hat) in dem Ansaugluft-Strömungsratensensor **19** nach Maßgabe der Korrelations-Charakteristik zwischen der erfassten Ansaugluft-Strömungsrate Q_{AIR} und dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten KAF bestimmt. Ferner wird der Lern-Korrekturkoeffizient $KREFG$ nach Maßgabe der Korrelations-Charakteristik zwischen der erfassten Ansaugluft-Strömungsrate Q_{AIR} und dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten KAF berechnet. Das Luft-Kraftstoff-Verhältnis wird unter Verwendung des Lern-Korrekturkoeffizienten $KREFG$, welcher nach Maßgabe eines als normal beurteilten Verschlechterungsgrades berechnet wird, in geeigneter Weise korrigiert. Eine Verwendung des Lern-Korrekturkoeffizienten $KREFG$ kompensiert darüber hinaus die Wirkung von Charakteristikschwankungen bei als Massenprodukt hergestellten Ansaugluft-Strömungsratensensoren.

[0072] Die in **Fig. 3** gezeigte Korrelations-Charakteristik kann durch einen Ausdruck, welcher einer in **Fig. 4** gezeigten geraden Linie LST entspricht, angenähert werden. Dies bedeutet, dass die Korrelationscharakteristik durch die unten gezeigte Gleichung (2) definiert werden kann.

$$KAF(k) = A \times Q_{AIR}(k - d) + B \quad (2)$$

wobei A und B Korrelationsparameter sind, welche die Korrelationscharakteristik definieren. Diese Korrelationsparameter A und B werden durch das Verfahren der kleinsten Quadrate berechnet. Genauer entspricht der Korrelationsparameter A einer Steigung der geraden Linie LST , und der Korrelationsparameter B entspricht dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten KAF dann, wenn die Ansaugluft-Strömungsrate Q_{AIR} gleich 0 ist, wie in **Fig. 4** gezeigt ist. Ferner bezeichnet " k " eine diskrete Zeit, welche mit einer Steuer/Regeldauer digitalisiert ist, und " d " bezeichnet eine Totzeitperiode, bis der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizient KAF eine Veränderung der erfassten Ansaugluft-Strömungsrate Q_{AIR} wiedergibt. Mit anderen Worten entspricht die Totzeitdauer " d " einer Verzögerungszeitdauer von der Zeit, zu der sich die erfasste Ansaugluft-Strömungsrate Q_{AIR} ändert, bis zu der Zeit, zu der sich der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizient KAF ändert.

[0073] Im Allgemeinen wird dann, wenn das Verfahren der kleinsten Quadrate verwendet wird, eine große Datenmenge über der erfassten Ansaugluft-Strömungsrate $Q_{AIR}(k)$ benötigt, um die Korrelationsparameter A und B mit großer Zuverlässigkeit zu berechnen. Dementsprechend muss eine große Datenmenge zur Berechnung der Korrelationsparameter in einem Speicher gespeichert werden.

[0074] Ferner ist eine Berechnung einer invertierten Matrix erforderlich, um das Verfahren der kleinsten Quadrate auszuführen. Als Folge wird die durch die Berechnungskapazität der CPU für die Motorsteuerung/regelung bestimmte Berechnungszeitdauer lang. Dies führt zu einem Problem dahingehend, dass die erforderliche Berechnung nicht abgeschlossen werden kann, solange das Fahrzeug fährt (während eines Motorbetriebs). In gleicher Weise können andere Berechnungen für die Motorsteuerung/regelung nicht ausgeführt werden. Obwohl solche Probleme durch Bereitstellen einer zusätzlichen CPU für die Berechnung einer invertierten Matrix vermieden werden können, können die Herstellungskosten der Motorsteuer/regeleinheit stark zunehmen.

[0075] Daher wird bei dieser Ausführungsform zur Berechnung der Korrelationsparameter A und B ein sequentieller Identifizierungsalgorithmus eingesetzt, welcher für die adaptive Steuerung/Regelung oder die Systemidentifikation verwendet wird. Der sequentielle Identifikationsalgorithmus ist ein Algorithmus, welcher eine rekursive Formel verwendet. Genauer ist der sequentielle Identifizierungsalgorithmus ein Algorithmus zur Berechnung augenblicklicher Werte $A(k)$ und $B(k)$ der Korrelationsparameter, und zwar nach Maßgabe von augenblicklichen Werten (den neuesten Werten) $Q_{AIR}(k)$ und $KAF(k)$ der in einer zeitlichen Folge erhaltenen Verarbeitungsobjektdateien sowie nach Maßgabe von vorhergehenden Werten $A(k - 1)$ und $B(k - 1)$ der Korrelationsparameter.

[0076] Wenn ein Korrelationsparametervektor $\theta(k)$ mit Korrelationsparametern A und B als Elemente durch die unten dargestellte Gleichung (3) definiert ist, wird der Korrelationsparametervektor $\theta(k)$ aus der unten gezeigten Gleichung (4) nach Maßgabe des sequentiellen Identifizierungsalgorithmus berechnet.

$$\theta(k)^T = [A(k) \ B(k)] \quad (3)$$

$$\theta(k) = \theta(k - 1) + KP(k) \times \text{eid}(k) \quad (4)$$

wobei $\text{eid}(k)$ ein durch die unten dargestellten Gleichungen (5) und (6) definierter Identifizierungsfehler ist und wobei $\text{KP}(k)$ ein durch die unten gezeigte Gleichung (7) definierter Verstärkungskoeffizientenvektor ist. $P(k)$ in Gleichung (7) ist eine aus der unten gezeigten Gleichung (8) berechnete quadratische Matrix zweiter Ordnung:

$$\text{eid}(k) = \text{KAF}(k) - \theta(k-1)^T \zeta(k) \quad (5)$$

$$\zeta^T(k) = [\text{QAIR}(k-d) \quad 1] \quad (6)$$

$$\text{KP}(k) = \frac{P(k) \zeta(k)}{1 + \zeta^T(k) P(k) \zeta(k)} \quad (7)$$

$$P(k+1) = \frac{1}{\lambda_1} \left(E - \frac{\lambda_2 P(k) \zeta(k) \zeta^T(k)}{\lambda_1 + \lambda_2 \zeta^T(k) P(k) \zeta(k)} \right) P(k) \quad (8)$$

wobei E eine Einheitsmatrix ist.

[0077] Nach Maßgabe der Festlegung der Koeffizienten λ_1 und λ_2 in Gleichung (8) wird der Identifizierungsalgorithmus aus den Gleichungen (4) bis (8) zu einem der folgenden vier Identifizierungsalgorithmen:

$\lambda_1 = 1, \lambda_2 = 0$ Algorithmus mit festgelegter Verstärkung

$\lambda_1 = 1, \lambda_2 = 1$ Algorithmus mit dem Verfahren kleinster Quadrate

$\lambda_1 = 1, \lambda_2 = \lambda$ Algorithmus mit degressiver Verstärkung (λ nimmt einen gegebenen anderen Wert als 0 und 1 an)

$\lambda_1 = \lambda, \lambda_2 = 1$ Algorithmus mit dem Verfahren gewichteter kleinster Quadrate (λ nimmt einen gegebenen anderen Wert als 0 und 1 an)

[0078] Bei dieser Ausführungsform wird der Algorithmus mit dem Verfahren gewichteter kleinster Quadrate verwendet, indem der Koeffizient λ_1 auf einen vorbestimmten Wert λ zwischen 0 und 1 festgelegt wird und indem der Koeffizient λ_2 auf 1 festgelegt wird. Es kann jedoch jeder beliebige andere Algorithmus verwendet werden. Unter diesen Algorithmen sind der Algorithmus mit dem Verfahren der kleinsten Quadrate sowie der Algorithmus mit dem Verfahren der gewichteten kleinsten Quadrate für die statistische Verarbeitung geeignet.

[0079] Bei dem sequentiellen Identifizierungsalgorithmus durch die Gleichungen (4) bis (8) ist die Berechnung einer invertierten Matrix nicht erforderlich, welche bei dem oben erwähnten Verfahren kleinster Quadrate für die Batch-Verarbeitung erforderlich ist, und die in dem Speicher zu speichernden Werte sind lediglich $A(k)$, $B(k)$ sowie $P(k)$ (2×2 Matrix). Durch Verwendung des sequentiellen Verfahrens gewichteter kleinster Quadrate kann dementsprechend die statistische Verarbeitung vereinfacht werden und kann durch die Motorsteuerungs/regelungs-CPU durchgeführt werden, ohne dass irgendeine besondere CPU für die statistische Verarbeitung verwendet würde.

[0080] Bei dem sequentiellen Verfahren gewichteter kleinster Quadrate können die Korrelationsparameter mit einem höheren Genauigkeitsgrad dadurch berechnet werden, dass das Zentrum von Schwankungen in den Parametern (ζ , KAF), welches für die Berechnung des Identifizierungsfehlers eid relevant ist, gleich 0 gemacht wird. Daher wird der Identifizierungsfehler $\text{eid}(k)$ in dieser Ausführungsform anstelle von Gleichung (5) aus der unten dargestellten Gleichung (5a) berechnet.

$$\text{eid}(k) = (\text{KAF}(k) - 1) - \theta(k-1)^T \zeta(k) \quad (5a)$$

[0081] Durch Verwendung von Gleichung (5a) wird die Berechnung zum Erhalt der in **Fig. 4** gezeigten geraden Linie LST in die Berechnung zum Erhalt einer in **Fig. 5** gezeigten geraden Linie LSTa umgewandelt. Wie aus **Fig. 5** hervorgeht, wird das Schwankungszentrum in Parameter $(\text{KAF}(k) - 1)$ zu 0, so dass die Korrelationsparameter A und B mit einem höheren Grad an Genauigkeit erhalten werden können.

[0082] Ferner können die Korrelationsparameter A und B stabiler berechnet werden, indem die Werte der Korrelationsparameter $A(k)$ und $B(k)$ derart begrenzt werden, dass sie die unten gezeigten Gleichungen (9) und (10) erfüllen:

$$AL < A(k) < AH \quad (9)$$

$$BL < B(k) < BH \quad (10)$$

wobei AL und AH die Untergrenze bzw. die Obergrenze des Korrelationsparameters $A(k)$ und BL und BH die Untergrenze bzw. die Obergrenze des Korrelationsparameters $B(k)$ sind.

[0083] Im Folgenden wird nun die Bestimmung einer Abnormalität bei dem Ansaugluft-Strömungsratensensor **19** unter Verwendung der Korrelationsparameter beschrieben werden.

[0084] Dann, wenn der Ansaugluft-Strömungsratensensor **19** normal ist, wird eine in **Fig. 6A** gezeigte Korrelationscharakteristik erhalten. Im Gegensatz dazu wird dann, wenn der Ansaugluft-Strömungsratensensor **19** abnormal ist, d. h. der Grad an Verschlechterung aufgrund von Staubanlagerung oder dgl. wird groß, eine Korrelationscharakteristik wie die in **Fig. 6B** gezeigte erhalten. Dies bedeutet, dass sich die Neigung A einer in **Fig. 6A** gezeigten geraden Linie LST0 ändert, so dass die gerade Linie LST0 sich zu einer in **Fig. 6B** gezeigten geraden Linie LST1 ändert. Dementsprechend wird dann, wenn der durch das obige Verfahren berechnete Korrelationsparameter $A(k)$ niedriger als eine Bestimmungsschwelle XQXNG ($A(k) < \text{XQXNG}$) ist, bestimmt, dass der Ansaugluft-Strömungsratensensor **19** normal ist. Dann, wenn der Korrelationsparameter $A(k)$ größer oder gleich der Bestimmungsschwelle XQXNG ($A(k) \geq \text{XQXNG}$)

ist, wird bestimmt, dass der Ansaugluft-Strömungsratensensor **19** abnormal ist. Die Bestimmungsschwelle XQXNG wird experimentell auf einen geeigneten Wert festgelegt.

[0085] Im Folgenden wird das Berechnungsverfahren für den Lern-Korrekturkoeffizienten KREFG beschrieben werden.

[0086] Die in **Fig. 5** gezeigte gerade Linie LSTa wird durch die unten gezeigte Gleichung (11) ausgedrückt:

$$\text{KAF} - 1 = \text{A(k)} \times \text{QAIR} + \text{B(k)} \quad (11)$$

[0087] Gleichung 11 wird zu der unten gezeigten Gleichung (12) modifiziert.

$$\text{KAF} = \text{A(k)} \times \text{QAIR} + \text{B(k)} + 1 \quad (12)$$

[0088] Gleichung (12) zeigt die Korrelationscharakteristik zwischen der erfassten Ansaugluft-Strömungsrate QAIR und dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten KAF, wie sie durch eine statistische Verarbeitung erhalten wird, da die Korrelationsparameter A(k) und B(k) durch das Verfahren der gewichteten kleinsten Quadrate berechnet werden. Dementsprechend kann aus der rechten Seite von Gleichung (12) ein statistisch geschätzter Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizient KAFE erhalten werden, wenn die erfasste Ansaugluft-Strömungsrate QAIR gegeben ist. Dann kann durch Definieren dieses statistisch geschätzten Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten KAFE als ein Lern-Korrekturkoeffizient KREFG der Lern-Korrekturkoeffizient KREFG aus der unten gezeigten Gleichung (12a) berechnet werden.

$$\text{KREFG} = \text{A(k)} \times \text{QAIR(k)} + \text{B(k)} + 1 \quad (12a)$$

[0089] Durch Einsetzen dieses Lern-Korrekturkoeffizienten KREFG in Gleichung (1) zur Berechnung der Kraftstofffeinspritzdauer TOUT wird die Kompensation durch den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten KAF unnötig, und zwar selbst dann, wenn der Ansaugluft-Strömungsratensensor **19** verschlechtert bzw. beschädigt ist. Dementsprechend wird der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizient KAF bei einem Wert nahe 1,0 gehalten, ähnlich dem Falle, bei welchem der erfasste Ansaugluft-Strömungssensor **19** normal ist. Daher ist es möglich, eine Abweichung des Zentrums der Luft-Kraftstoff-Verhältnisregelung zu verhindern.

[0090] Dann jedoch, wenn ein aus Gleichung (12a) berechneter Lern-Korrekturkoeffizient KREFG in Gleichung (1) eingesetzt wird, tritt das folgende Schwanken einer Steuerung/Regelung auf.

1) Die Neigung der geraden Linie LST steigt von 0 auf einen größeren Wert (der Korrelationsparameter A(k) erhöht sich).

→2) Der Lern-Korrekturkoeffizient KREFG steigt von 1,0 aus an.

→3) Der Korrelationsparameter A(k) nimmt auf nahe 0 ab.

→4) Der Lern-Korrekturkoeffizient KREFG kehrt zu 1,0 zurück (die Neigung der geraden Linie LST kehrt zu 0 zurück).

→1) Die Neigung der geraden Linie LST steigt von 0 aus auf einen größeren Wert an (der Korrelationsparameter A(k) nimmt zu).

[0091] Um dieses Schwanken zu verhindern, wird nicht der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizient KAF für die Berechnung der Korrelationsparameter A(k) und B(k) verwendet. Es wird stattdessen ein modifizierter Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizient KAFMOD(k) verwendet, welcher aus der unten gezeigten Gleichung (13) berechnet wird.

$$\text{KAFMOD(k)} = \text{KAF(k)} \times \text{KREFG(k-d)} \quad (13)$$

[0092] Gleichung (13) wird erhalten durch Zählen der Totzeitdauer d, bis eine Änderung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses in dem Einlasssystem aufgrund eines Anstiegs des Lern-Korrekturkoeffizienten KREFG über den LAF-Sensor **14** an dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten KAF wiedergegeben wird.

[0093] Durch Annahme bzw. Verwendung der unten gezeigten Gleichung (11a) anstelle von Gleichung (11) werden die Korrelationsparameter A(k) und B(k), welche die Korrelation zwischen einem Parameter (KAFMOD-1) und der erfassten Ansaugluft-Strömungsrate QAIR bestimmen, durch das oben genannte sequentielle Verfahren kleinsten Quadrate berechnet. Dies bedeutet, dass die Korrelationsparameter A(k) und B(k), welche eine in **Fig. 7** gezeigte gerade Linie LSTa definieren, berechnet werden.

$$\text{KAFMOD-1} = \text{A(k)} \times \text{QAIR} + \text{B(k)} \quad (11a)$$

[0094] In diesem Falle wird anstelle von Gleichung (5a) die unten gezeigte Gleichung (5b) verwendet, um den Identifizierungsfehler eid(k) zu berechnen. Dann wird unter Verwendung von Gleichung (5b) und Gleichungen (4) und (6) bis (8) der Korrelationsparametervektor $\theta(k)$ berechnet.

$$\text{eid(k)} = (\text{KAFMOD(k)} - 1) - \theta(k-1)^T \zeta(k) \quad (5b)$$

[0095] Auf diese Art und Weise werden zuerst die Korrelationsparameter A(k) und B(k) berechnet, welche die Korrelationscharakteristik zwischen der erfassten Ansaugluft-Strömungsrate QAIR und dem Parameter (KAFMOD-1) bestimmen. Dann wird der Lern-Korrekturkoeffizient KREFG aus der unten dargestellten Gleichung 12a berechnet.

$$\text{KREFG} = \text{A}(k) \times \text{QAIR} + \text{B}(k) + 1 \quad (12a)$$

[0096] Dementsprechend kann der Lern-Korrekturkoeffizient KREFG mit höherem Genauigkeitsgrad erhalten werden, ohne das Schwanken der Steuerung/-Regelung zu verursachen. Durch Einsetzen des so erhaltenen Lern-Korrekturkoeffizienten KREFG in Gleichung (1) kann die Steuer-/Regelgenauigkeit des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses verbessert werden, um dadurch gute Abgaseigenschaften zu erhalten.

[0097] Fig. 8 ist ein Flussdiagramm, welches einen Prozess zeigt zur Berechnung der Korrelationsparameter A(k) und B(k) für eine Berechnung des Lern-Korrekturkoeffizienten KREFG unter Verwendung des oben beschriebenen Verfahrens sowie für eine Berechnung der Kraftstoffeinspritzdauer TOUT unter Verwendung des Lern-Korrekturkoeffizienten KREFG. Ferner umfasst dieser Prozess die Bestimmung einer Abnormalität in dem Ansaugluft-Strömungsratensensor **19** nach Maßgabe des Korrelationsparameters A(k). Der in Fig. 8 gezeigte Prozess wird durch die CPU in der ECU **5** synchron mit der Erzeugung eines TDC-Impulses ausgeführt.

[0098] In Schritt S1 wird bestimmt, ob ein Anlassen des Motors **1** abgeschlossen worden ist oder nicht. Wenn das Anlassen des Motors **1** nicht abgeschlossen worden ist, wird ein TIS-Kennfeld, welches nach Maßgabe der Motordrehzahl NE und des absoluten Einlassdrucks PBA festgelegt ist, abgerufen, um eine Basis-Kraftstoffmenge TIS für das Anlassen des Motors zu berechnen (Schritt S2). Als Nächstes werden ein Korrekturkoeffizient K1S und eine Korrekturvariable K2S für das Anlassen des Motors berechnet (Schritt S3). Aus der unten gezeigten Gleichung (14) wird eine Kraftstoffeinspritzdauer TOUTS für das Anlassen des Motors berechnet (Schritt S4). Danach endet der Prozess.

$$\text{TOUTS} = \text{TIS} \times \text{K1S} + \text{K2S} \quad (14)$$

[0099] Wenn das Anlassen des Motors **1** abgeschlossen worden ist, schreitet der Prozess von Schritt S1 voran zu Schritt S13, bei welchem die durch den Ansaugluft-Strömungsratensensor **19** erfasste Ansaugluft-Strömungsrate QAIR gelesen wird.

[0100] In Schritt S14 wird die erfasste Fahrzeuggeschwindigkeit VP einem Tiefpassfilterungsprozess unterzogen, um aus der unten dargestellten Gleichung (15) einen gefilterten Fahrzeuggeschwindigkeitswert Vflt(k) zu berechnen.

$$\text{Vflt}(k) = \text{af1} \cdot \text{Vflt}(k) + \dots + \text{afn} \cdot \text{Vflt}(k - n) + \text{bf0} \cdot \text{Vf0t}(k) + \dots + \text{bfm} \cdot \text{Vflt}(k - m) \quad (15)$$

wobei af1 bis afn und bf0 bis bfm vorbestimmte Tiefpassfilterkoeffizienten sind.

[0101] In Schritt S15 wird bestimmt, ob der absolute Wert der Differenz zwischen einem momentanen Wert Vflt(k) und einem vorhergehenden Wert Vflt(k - 1) des gefilterten Fahrzeuggeschwindigkeitswerts kleiner als ein vorbestimmter Fahrzeuggeschwindigkeits-Änderungswert XDVLM (z. B. 0,8 km/h) ist oder nicht. Wenn die Antwort auf Schritt S15 negativ ist (NEIN), schreitet der Prozess voran zu Schritt S22. Wenn die Antwort auf Schritt S15 Zustimmung (JA) ist, wird bestimmt, ob die Motordrehzahl NE in den Bereich einer vorbestimmten Obergrenze XNEH (z. B. 4500 U/min) und einer vorbestimmten Untergrenze XNEL (z. B. 1200 U/min) fällt oder nicht (Schritt S16). Wenn die Antwort auf Schritt S16 negativ ist (NEIN), schreitet der Prozess voran zu Schritt S22. Wenn die Antwort auf Schritt S16 Zustimmung (JA) ist, wird dann bestimmt, ob der absolute Einlassdruck PBA in den Bereich einer vorbestimmten Obergrenze XPBH (z. B. 86,7 kPa (650 mmHg)) und einer vorbestimmten Untergrenze XPBL (z. B. 54,7 kPa (410 mmHg)) fällt oder nicht (Schritt S17). Wenn die Antwort auf Schritt S17 negativ ist (NEIN), schreitet der Prozess voran zu Schritt S22. Wenn die Antwort auf Schritt S17 Zustimmung (JA) ist, wird aus den Gleichungen (4), (5b), (6) bis (8) und (11a) der Korrelationsparametervektor $\theta(k)$ (die Korrelationsparameter A(k) und B(k)) berechnet.

[0102] In Schritt S19 wird bestimmt, ob der Korrelationsparameter A(k) größer oder gleich einer Bestimmungsschwelle XQXNG ist oder nicht. Wenn A(k) kleiner als XQXNG ist, schreitet der Prozess direkt zu Schritt S21 vor. Wenn A(k) größer oder gleich XQXNG ist, wird bestimmt, dass der Ansaugluft-Strömungsratensensor **19** abnormal ist (Schritt S20). In diesem Falle wird eine Alarmlampe eingeschaltet, um dem Fahrer des Fahrzeugs Alarm zu geben.

[0103] In Schritt S21 wird ein Begrenzungsprozess ausgeführt, so dass die Korrelationsparameter A(k) und B(k) Gleichungen (9) bzw. (10) erfüllen. Dies bedeutet, dass dann, wenn Gleichung (9) und/oder Gleichung (10) nicht erfüllt sind, der Korrelationsparameter A(k) und/oder der Korrelationsparameter B(k) derart modifiziert werden, dass sie Gleichung (9) und/oder Gleichung (10) erfüllen.

[0104] In Schritt S22 wird aus Gleichung (12a) der Lern-Korrekturkoeffizient KREFG berechnet.

[0105] In Schritt S23 wird der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizient KAF durch die Luft-Kraftstoff-Verhältnisregelung nach Maßgabe einer Ausgabe des LAF-Sensors **14** berechnet. Dies bedeutet, der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizient KAF wird derart berechnet, dass das erfasste Luft-Kraftstoff-Verhältnis mit dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis übereinstimmt.

[0106] In Schritt S24 werden der Reinigungs-Korrekturkoeffizient KPURGE, der Korrekturkoeffizient K1 und die Korrekturvariable K2 berechnet, welche in Gleichung (1) eingesetzt werden. Schließlich wird aus Gleichung (1) die Kraftstoffeinspritzdauer TOUT berechnet (Schritt S25).

[0107] Bei dieser Ausführungsform, wie sie oben beschrieben wurde, werden die Korrelationsparameter A(k) und B(k), welche die Korrelation zwischen dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten KAF und der erfassten Ansaugluft-Strömungsrate QAIR definieren, unter Verwendung des sequentiellen statistischen Verarbeitungsalgorithmus berechnet. Durch den sequentiellen statistischen Verarbeitungsalgorithmus wird keine besondere CPU zur statistischen Verarbeitung benötigt, und die Korrelationsparameter A(k) und B(k) können durch die Berechnung einer statistischen Verarbeitung mit einer verhältnismäßig geringen Speicherkapazität berechnet werden.

[0108] Da der Lern-Korrekturkoeffizient KREFG unter Verwendung der Korrelationsparameter A(k) und B(k) berechnet wird, kann der Lern-Korrekturkoeffizient KREFG, welcher von Änderungen bei Eigenschaften des Ansaugluft-Strömungsratensensors **19** abhängt, über einen breiten Bereich des Motorbetriebszustandes mit einem höheren Grad an Ge-

naugigkeit erhalten werden. Da die Kraftstoffeinspritzdauer TOUT unter Verwendung des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten KAF und des Lern-Korrekturkoeffizienten KREFG berechnet wird, kann ferner das Steuer/Regelzentrum des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten KAF bei einem Wert nahe 1,0 gehalten werden, wodurch eine gute Steuer/Regelbarkeit erhalten wird.

[0109] Da die Bestimmung einer Abnormalität in dem Sensor **19** nach Maßgabe des Korrelationsparameters A(k) durchgeführt wird, wird ferner die Erfassungsgenauigkeit des Sensors **19** regelmäßig überwacht, um so die Genauigkeit der Abnormalitätsbestimmung zu verbessern.

[0110] Ferner werden die Korrelationsparameter A(k) und B(k) in einem Betriebszustand berechnet, in welchem Schwankungen der Fahrzeuggeschwindigkeit klein sind und in welchem die Motordrehzahl NE und der absolute Einsaugdruck PBA in die jeweiligen Bereiche zwischen den vorbestimmten Obergrenzen und den vorbestimmten Untergrenzen fallen. Dementsprechend ist die Genauigkeit der Korrelationsparameter A(k) und B(k) verbessert, um dadurch weiter die Genauigkeit der Lernkorrektur zu verbessern.

[0111] Bei dieser Ausführungsform bildet die ECU **5** das Basis-Kraftstoffmengen-Berechnungsmittel, das Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten-Berechnungsmittel, das Kraftstoffmengen-Steuer/Regelmittel, das Korrelationsparameter-Berechnungsmittel, das Lernmittel und das Abnormalitätsbestimmungsmittel. Genauer entspricht Schritt S23 in **Fig. 8** dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten-Berechnungsmittel, Schritt S18 in **Fig. 8** entspricht dem Korrelationsparameter-Berechnungsmittel. Schritt S22 in **Fig. 8** entspricht dem Lernmittel. Schritt S25 in **Fig. 8** entspricht dem Basis-Kraftstoffmengen-Berechnungsmittel und dem Kraftstoffmengen-Steuer/Regelmittel. Die Schritte S19 und S20 in **Fig. 8** entsprechen dem Abnormalitätsbestimmungsmittel.

Zweite Ausführungsform

[0112] **Fig. 9** zeigt ein weiteres Beispiel der Korrelationscharakteristik zwischen der erfassten Ansaugluftströmungsrate QAIR und dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten KAF. Bei diesem Beispiel wird in dem Bereich, in welchem die erfasste Ansaugluft-Strömungsrate QAIR klein ist, eine angenäherte Korrelation mit einem höheren Grad an Genauigkeit erhalten, indem die Korrelationscharakteristik mit einer quadratischen Kurve LC ausgedrückt wird. In dem Bereich jedoch, in welchem die erfasste Ansaugluft-Strömungsrate QAIR groß ist, weicht die quadratische Kurve LC in großem Maß von der Korrelation ab und zeigt keine korrekte Korrelationscharakteristik.

[0113] Daher ist bei dieser Ausführungsform, wie in **Fig. 10** gezeigt ist, ein Motorbetriebsbereich nach Maßgabe der Ansaugluft-Strömungsrate QAIR in einen ersten Betriebsbereich R1 und einen zweiten Betriebsbereich R2 unterteilt. Weiterhin werden gerade Linien LR1 und LR2 erhalten, von denen jede eine Korrelationscharakteristik in jedem Betriebsbereich annähert. Mit anderen Worten werden ein erster Korrelationsparametervektor $\theta_1(k)$ und ein zweiter Korrelationsparametervektor $\theta_2(k)$ (siehe die unten gezeigten Gleichungen (16) und (17)) entsprechend jeweils dem ersten Betriebsbereich R1 und dem zweiten Betriebsbereich R2 berechnet.

$$\theta_1^T(k) = [A_1(k) \ B_1(k)] \quad (16)$$

$$\theta_2^T(k) = [A_2(k) \ B_2(k)] \quad (17)$$

[0114] Der erste Betriebsbereich R1 und der zweite Betriebsbereich R2 sind derart festgelegt, dass sie einander überlappen. Vorbestimmte Ansaugluft-Strömungsraten QAIR1 und QAIR2 in **Fig. 10** sind beispielsweise auf 20 [g/sec] bzw. 40 [g/sec] festgelegt.

[0115] Wie oben beschrieben wurde, ist die Korrelationscharakteristik zwischen der erfassten Ansaugluft-Strömungsrate QAIR und dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten KAF durch die zwei Korrelationsparametervektoren θ_1 und θ_2 (zwei gerade Linien LR1 und LR2) definiert. Der zur Berechnung des Lern-Korrekturkoeffizienten KREFG zu verwendende Korrelationsparametervektor wird bei einer Kreuzung PX der geraden Linien LR1 und LR2 umgeschaltet bzw. gewechselt, wie in **Fig. 11A** und **11B** gezeigt ist. Bei diesem Umschaltverfahren ändert sich der Lern-Korrekturkoeffizient KREFG nicht abrupt, wenn der Korrelationsparametervektor umgeschaltet bzw. gewechselt wird, um somit ein sanftes Schalten des Korrelationsparametervektors zu verwirklichen.

[0116] **Fig. 11 A** zeigt ein Beispiel, bei welchem der Schnittpunkt PX in dem Überlappungsbereich des ersten Betriebsbereichs R1 und des zweiten Betriebsbereichs R2 gelegen ist. **Fig. 11B** zeigt ein Beispiel, bei welchem die Kreuzung PX in dem zweiten Betriebsbereich R2 gelegen ist. Wie aus **Fig. 11B** ersichtlich ist, wird bei dem Beispiel, bei welchem der Schnittpunkt PX in dem zweiten Betriebsbereich R2 gelegen ist, der erste Korrelationsparametervektor θ_1 in dem zweiten Betriebsbereich R2 dann verwendet, wenn die Ansaugluft-Strömungsrate QAIR kleiner oder gleich einer der Kreuzung PX entsprechenden Ansaugluft-Strömungsrate QAIRX ist.

[0117] **Fig. 12** ist ein Flussdiagramm, welches einen Prozess einer Berechnung der Korrelationsparametervektoren $\theta_1(k)$ und $\theta_2(k)$ sowie des Lern-Korrekturkoeffizienten KREFG nach Maßgabe des oben beschriebenen Verfahrens sowie einer Berechnung der Kraftstoffeinspritzdauer TOUT unter Verwendung des Lern-Korrekturkoeffizienten KREFG zeigt. Bei diesem Prozess wird die Abnormalitätsbestimmung des Ansaugluft-Strömungsratesensors **19** nach Maßgabe der Korrelationsparameter A1(k) und A2(k) durchgeführt. Der in **Fig. 12** gezeigte Prozess wird gleichzeitig mit der Erzeugung eines TDC-Impulses ausgeführt.

[0118] Der in **Fig. 12** gezeigte Prozess wird durch Weglassen von Schritt S19 in **Fig. 8** sowie durch Ersetzen von Schritt S20 in **Fig. 8** durch Schritt **20a** erhalten. Der in **Fig. 12** gezeigte Prozess wird hauptsächlich in den Punkten beschrieben werden, welche sich von dem in **Fig. 8** gezeigten Prozess unterscheiden.

[0119] In Schritt S18 werden nach Maßgabe der oben beschriebenen Gleichungen (4), (5b), (6)–(8) und (11a) der erste Korrelationsparametervektor $\theta_1(k)$ (die Korrelationsparameter A1(k) und B1(k) werden berechnet) in dem ersten Betriebsbereich R1 und der zweite Korrelationsparametervektor $\theta_2(k)$ in dem zweiten Betriebsbereich R2 (die Korrelationsparameter A2(k) und B2(k) werden berechnet) berechnet.

[0120] In Schritt S20a wird die Abnormalitätsbestimmung des Ansaugluft-Strömungsratensensors **19** nach Maßgabe der Korrelationsparameter A1(k) und A2(k) durchgeführt. Genauer wird bestimmt, ob ein Absolutwert des Korrelationsparameters A1(k) größer oder gleich einer Bestimmungsschwelle XQXNG1 ist oder nicht. Es wird weiterhin bestimmt, ob ein Abnormalitätswert des Korrelationsparameters A2(k) größer oder gleich einer Bestimmungsschwelle XQXNG2 ist oder nicht. Wenn |A1(k)| größer oder gleich XQXNG1 ist oder |A2(k)| größer als oder gleich XQXNG2 ist, dann wird bestimmt, dass der Ansaugluft-Strömungsratensensor **19** abnormal ist.

[0121] In Schritt S21 wird ein Begrenzungsprozess derart durchgeführt, dass jeder der Korrelationsparameter A1(k), B1(k), A2(k) und B2(k) die durch Gleichung (9) oder Gleichung (10) ausgedrückte Bedingung erfüllt. Dies bedeutet, wenn ein oder mehrere Korrelationsparameter die Gleichung (9) oder Gleichung (10) nicht erfüllen, werden der oder die Parameter derart modifiziert, dass er oder sie die Gleichung (9) oder Gleichung (10) erfüllen.

[0122] Fig. 13 ist ein Flussdiagramm, welches einen Prozess zur Berechnung des Lern-Korrekturkoeffizienten KREFG in Schritt S22 von Fig. 12 zeigt.

[0123] In Schritt S31 wird aus der unten gezeigten Gleichung (19) ein wandernder Mittelwert KAFAVE des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten KAF berechnet.

$$KAFAVE = \sum_{i=0}^{N-1} KAF(k-i) / N \quad (19)$$

wobei N z. B. auf 10 festgelegt ist.

[0124] In Schritt S32 wird aus der unten gezeigten Gleichung (20) ein wandernder Mittelwert QAIRAVE der Ansaugluft-Strömungsrate QAIR berechnet.

$$QAIRAVE = \sum_{i=0}^{N-1} QAIR(k-i) / N \quad (20)$$

[0125] In Schritt S33 werden der wandernde Mittelwert QAIRAVE der Ansaugluft-Strömungsrate und die Elemente des ersten und des zweiten Korrelationsparametervektors $\theta_1(k)$ und $\theta_2(k)$ in den unten gezeigten Gleichungen (21) und (22) eingesetzt, um einen Korrekturkoeffizienten KREFG1 des ersten Betriebsbereichs und einen Korrekturkoeffizienten KREFG2 des zweiten Betriebsbereichs zu berechnen.

$$KREFG1 = A1(k) \times QAIRAVE + B1(k) + 1,0 \quad (21)$$

$$KREFG2 = A2(k) \times QAIRAVE + B2(k) + 1,0 \quad (22)$$

[0126] In Schritt S34 wird bestimmt, ob der Korrelationsparameter B1(k) kleiner als der Korrelationsparameter B2(k) ist oder nicht. Wenn B1(k) kleiner als B2(k) ist, wie es in Fig. 11A gezeigt ist, wird der Lern-Korrekturkoeffizient KREFG berechnet durch Auswählen eines kleineren aus den Korrekturkoeffizienten KREFG1 und KREFG2 des ersten und des zweiten Betriebsbereichs (Schritt S35). Genauer wird der Lern-Korrekturkoeffizient KREFG dann, wenn KREFG1 kleiner als KREFG2 ist, auf KREFG1 gesetzt. Wenn KREFG2 kleiner als KREFG1 ist, wird dann der Lern-Korrekturkoeffizient KREFG auf KREFG2 gesetzt.

[0127] Wenn B1(k) größer oder gleich B2(k) ist, wie in Fig. 11B gezeigt ist, wird der Lern-Korrekturkoeffizient KREFG berechnet durch Auswählen eines größeren aus dem ersten und dem zweiten Korrekturkoeffizienten KREFG1 und KREFG2 des ersten und des zweiten Betriebsbereichs (Schritt S36). Genauer wird dann, wenn KREFG1 größer als KREFG2 ist, der Lern-Korrekturkoeffizient KREFG auf KREFG1 gesetzt. Wenn KREFG2 größer als KREFG1 ist, wird der Lern-Korrekturkoeffizient KREFG auf KREFG2 gesetzt.

[0128] Gemäß der Schritte S34–S36 wird der Korrelationsparametervektor, welcher zur Berechnung des Lern-Korrekturkoeffizienten KREFG verwendet wird, bei der Kreuzung PX der geraden Linien LR1 und LR2 umgeschaltet.

[0129] Bei Schritt S37 werden der wandernde Mittelwert KAFAVE des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten und der Lern-Korrekturkoeffizient KREFG(k-d), welcher ein in der vorherigen Totzeitdauer d gespeicherter Lern-Korrekturkoeffizient KREFG ist, in der unten dargestellten Gleichung 23 eingesetzt, um den modifizierten Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten KAFMOD zu berechnen.

$$KAFMOD = KAFAVE \times KREFG(k-d) \quad (23)$$

[0130] Bei der oben beschriebenen vorliegenden Ausführungsform wird der Motorbetriebsbereich in den ersten und den zweiten Betriebsbereich R1 bzw. R2 unterteilt. Der erste und der zweite Korrelationsparametervektor $\theta_1(k)$ und $\theta_2(k)$ werden jeweils entsprechend dem ersten und dem zweiten Betriebsbereich R1 bzw. R2 berechnet. Dies bedeutet, die Korrelationscharakteristik zwischen der erfassten Ansaugluft-Strömungsrate QAIR und dem Parameter (KAFMOD-1) wird durch die zwei geraden Linien LR1 und LR2 angenähert. Dementsprechend wird eine Korrelationscharakteristik mit einem höheren Grad an Genauigkeit im gesamten Motorbetriebsbereich erhalten, verglichen mit dem Fall, dass die Korrelationscharakteristik durch eine gerade Linie angenähert wird.

[0131] Da der Lern-Korrekturkoeffizient KREFG unter Verwendung des ersten und des zweiten Korrelationsparametervektors $\theta_1(k)$ und $\theta_2(k)$ berechnet wird, wird ferner ein Lern-Korrekturkoeffizient KREFG mit einem höheren Grad an Genauigkeit entsprechend einer Charakteristikänderung bei dem Ansaugluft-Strömungsratensensor **19** in einem breiten Bereich des Motorbetriebszustands erhalten.

[0132] Da die Bestimmung einer Abnormalität in dem Sensor **19** nach Maßgabe der Korrelationsparameter A1(k) und

A2(k) durchgeführt wird, wird ferner die Genauigkeit der Abnormalitätsbestimmung verbessert.

[0133] Bei der vorliegenden Ausführungsform entspricht Schritt S23 in **Fig. 12** dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten-Berechnungsmittel. Die Schritte S18 und S22 (der in **Fig. 13** gezeigte Prozess) entsprechen jeweils dem Korrelationsparameter-Berechnungsmittel und dem Lernmittel. Schritt S25 entspricht dem Basis-Kraftstoffmengen-Berechnungsmittel und dem Kraftstoffmengen-Steuer/Regelungsmittel.

5

Weitere Ausführungsformen

[0134] Bei der ersten Ausführungsform wird die Korrelationscharakteristik zwischen der erfassten Ansaugluft-Strömungsrate QAIR und dem Parameter (KAFMOD-1) durch eine gerade Linie angenähert. Alternativ kann, wie in **Fig. 9** gezeigt ist, die Korrelationscharakteristik anstelle einer geraden Linie durch eine quadratische Kurve angenähert sein. In diesem Falle wird die Korrelationscharakteristik durch die unten gezeigte Gleichung (24) angenähert.

10

$$\text{KAFMOD-1} = A(k)\text{QAIR}^2 + B(k)\text{QAIR} + C(k) \quad (24)$$

15

wobei die Steigung F dieser Näherungskurve gegeben ist durch die unten gezeigte Gleichung (25).

$$F = 2A(k)Qx + B(k) \quad (25)$$

[0135] Wenn die Korrelationscharakteristik durch die quadratische Kurve angenähert wird, nimmt die Steigung dieser Kurve zu, wenn der Ansaugluft-Strömungsratensensor **19** abnormal ist. Dementsprechend kann dann, wenn die Steigung $F (= 2A(k)Qx + B(k))$ größer oder gleich einer vorbestimmten Schwelle ist, wenn die erfasste Ansaugluft-Strömungsrate QAIR gleich einem Mittelwert QAIRM ist, bestimmt werden, dass der Ansaugluft-Strömungsratensensor **19** abnormal ist.

20

[0136] Bei der zweiten Ausführungsform ist der Motorbetriebsbereich in zwei Betriebsbereiche R1 und R2 geteilt. Alternativ kann der Motorbetriebsbereich in mehr als zwei Betriebsbereiche geteilt sein. In einem solchen Fall können Korrelationsparametervektoren entsprechend drei oder mehr geteilten Betriebsbereichen berechnet werden. Darüber hinaus kann der Motorbetriebsbereich nicht nach Maßgabe der erfassten Ansaugluft-Strömungsrate QAIR, sondern nach Maßgabe der Motordrehzahl NE und des absoluten Einlassdrucks PBA geteilt sein.

25

[0137] Bei der zweiten Ausführungsform wird der zur Berechnung des Lern-Korrekturkoeffizienten KREFG zu verwendende Korrelationsparametervektor bei der Kreuzung PX der zwei geraden Linien LR1 und LR2 umgeschaltet. Alternativ, wie in **Fig. 14A** und **14B** gezeigt ist, kann in dem Überlappungsbereich des ersten und des zweiten Betriebsbereichs R1 bzw. R2 ein Korrelationsparametervektor θ_{TR} entsprechend einer transienten geraden Linie LTR berechnet werden, welche die zwei geraden Linien LR1 und LR2 sanft verbindet. In einem solchen Fall wird der Lern-Korrekturkoeffizient KREFG unter Verwendung des Korrelationsparametervektors θ_{TR} berechnet.

30

35

[0138] Ferner kann, wie in **Fig. 14C** gezeigt ist, in dem Überlappungsbereich des ersten und des zweiten Betriebsbereichs R1 bzw. R2 ein Korrelationsparametervektor θ_{AV} berechnet werden, welcher einer gemittelten geraden Linie LAV entspricht, die durch Durchschnittswertbildung der zwei geraden Linien LR1 und LR2 erhalten wird. In einem solchen Falle wird der Lern-Korrekturkoeffizient KREFG unter Verwendung des Korrelationsparametervektors θ_{AV} berechnet.

40

[0139] Bei der ersten Ausführungsform wird ferner bestimmt, ob der Änderungsbetrag bei dem gefilterten Wert Vft der Fahrzeuggeschwindigkeit VP kleiner als der vorbestimmte Fahrzeuggeschwindigkeit-Änderungsbetrag XDVLm ist oder nicht, und zwar in dem in **Fig. 8** gezeigten Schritt S15. Alternativ kann bestimmt werden, ob ein Änderungsbetrag bei einem tiefpassgefilterten Wert der Motordrehzahl NE kleiner als ein vorbestimmter Änderungsbetrag ist oder nicht, und/oder es kann bestimmt werden, ob ein Änderungsbetrag bei einem tiefpassgefilterten Wert des absoluten Einlassdrucks PBA kleiner als ein vorbestimmter Änderungsbetrag ist oder nicht.

45

[0140] Wenn in diesem Falle der Änderungsbetrag bei dem tiefpassgefilterten Wert der Motordrehzahl NE kleiner als der vorbestimmte Änderungsbetrag ist, wenn der Änderungsbetrag bei dem tiefpassgefilterten Wert des absoluten Einlassdrucks PBA kleiner als der vorbestimmte Änderungsbetrag ist, oder wenn der Änderungsbetrag bei dem tiefpassgefilterten Wert der Motordrehzahl NE kleiner als der vorbestimmte Änderungsbetrag und der Änderungsbetrag bei dem tiefpassgefilterten Wert des absoluten Einlassdrucks PBA kleiner als der vorbestimmte Änderungsbetrag ist, schreitet der in **Fig. 8** gezeigte Prozess von Schritt S15 zu Schritt S16 voran.

50

[0141] Die vorliegende Erfindung kann in anderen spezifischen Ausbildungsformen verkörpert sein, ohne von deren Grundgedanken oder ihren wesentlichen Eigenschaften abzuweichen. Die derzeit offenbarten Ausführungsformen sollen daher in jeder Hinsicht als beispielhaft und nicht einschränkend angesehen werden. Der Rahmen der Erfindung wird durch die beiliegenden Ansprüche anstelle der vorausgehenden Beschreibung dargestellt. Alle Änderungen, welche innerhalb der Bedeutung und des Äquivalenzbereichs der Ansprüche liegen, sollen davon umfasst sein.

55

[0142] Es ist ein Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelsystem für einen Verbrennungsmotor offenbart. Eine Basis-Kraftstoffmenge, welche dem Motor zugeführt wird, wird nach Maßgabe der durch den Ansaugluft-Strömungsratensensor erfassten Ansaugluft-Strömungsrate berechnet. Zur Korrektur einer dem Motor zuzuführenden Kraftstoffmenge derart, dass das erfasste Luft-Kraftstoff-Verhältnis mit einem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis übereinstimmt, wird ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizient berechnet. Wenigstens ein Korrelationsparametervektor, welcher eine Korrelation zwischen dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten und der durch den Ansaugluft-Strömungsratensensor erfassten Ansaugluft-Strömungsrate definiert, wird unter Verwendung eines sequentiellen statistischen Verarbeitungsalgorithmus berechnet. Ein Lern-Korrekturkoeffizient betreffend eine Änderung der Eigenschaften des Ansaugluft-Strömungsratensensors wird unter Verwendung des Korrelationsparameters berechnet. Eine dem Motor zuzuführende Kraftstoffmenge wird unter Verwendung der Basis-Kraftstoffmenge, des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten und des Lern-Korrekturkoeffizienten gesteuert/regulated.

60

65

1. Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelsystem für einen Verbrennungsmotor, umfassend:
ein Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittel (19) zur Erfassung einer Ansaugluft-Strömungsrate (QAIR) des Motors (1),
ein Basis-Kraftstoffmengen-Berechnungsmittel (5; S25) zur Berechnung einer dem Motor (1) zugeführten Basis-Kraftstoffmenge (TIM) nach Maßgabe der durch das Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittel (5) erfassten Ansaugluft-Strömungsrate (QAIR),
ein in einem Abgassystem (12) des Motors vorgesehenes Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Erfassungsmittel (14) zur Erfassung eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses,
ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten-Berechnungsmittel (5; S23) zur Berechnung eines Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) zur Korrektur einer dem Motor (1) zuzuführenden Kraftstoffmenge (TOUT) derart, dass das durch das Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Erfassungsmittel (14) erfasste Luft-Kraftstoff-Verhältnis mit einem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis übereinstimmt,
ein Korrelationsparameter-Berechnungsmittel (5; S18) zur Berechnung, unter Verwendung eines Algorithmus zur sequentiellen statistischen Verarbeitung, wenigstens eines Korrelationsparametervektors (θ ; θ_1 , θ_2), welcher eine Korrelation zwischen dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) und der durch das Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittel (19) erfassten Ansaugluft-Strömungsrate (QAIR) definiert,
ein Lernmittel (5; S22) zur Berechnung eines Lern-Korrekturkoeffizienten (KREFG; KREFG1, KREFG2) betreffend eine Änderung bei Eigenschaften des Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittels (19) unter Verwendung des wenigstens einen Korrelationsparametervektors (θ ; θ_1 , θ_2) sowie
ein Kraftstoffmengen-Steuer/Regelmittel (5; S25) zur Steuerung/Regelung einer dem Motor (1) zuzuführenden Kraftstoffmenge (TOUT) unter Verwendung der Basis-Kraftstoffmenge (TIM), des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) sowie des Lern-Korrekturkoeffizienten (KREFG; KREFG1, KREFG2).
2. Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es ferner ein Abnormalitäts-Bestimmungsmittel (5; S19, S20) zur Bestimmung einer Abnormalität in dem Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittel (19) nach Maßgabe eines Elements (A, B, A1, B1, A2, B2) des wenigstens einen Korrelationsparametervektors (θ ; θ_1 , θ_2) umfasst.
3. Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelsystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Korrelationsparameter-Berechnungsmittel (5; S18) eine Mehrzahl von Korrelationsparametervektoren (θ_1 , θ_2) entsprechend einer Mehrzahl von Betriebsbereichen (R1, R2) des Motors (1) berechnet.
4. Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Korrelationsparameter-Berechnungsmittel (5; S18) eine Mehrzahl von Korrelationsparametervektoren (θ_1 , θ_2) berechnet, von denen jeder die Korrelation mit einem linearen Ausdruck definiert, sowie dadurch, dass das Lernmittel (5) den wenigstens einen Korrelationsparametervektor (θ_1 , θ_2), welcher zur Berechnung des Lern-Korrekturkoeffizienten (KREFG; KREFG1, KREFG2) verwendet wird, an einem Schnittpunkt (PX) von geraden Linien (LR1, LR2), welche dem linearen Ausdruck entsprechen, umschaltet bzw. wechselt.
5. Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Korrelationsparameter-Berechnungsmittel (5; S18) den wenigstens einen Korrelationsparametervektor (θ ; θ_1 , θ_2) dann berechnet, wenn der Motor (i) in einem vorbestimmten Betriebszustand arbeitet.
6. Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Korrelationsparameter-Berechnungsmittel (5; S18) einen modifizierten Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAFMOD) berechnet, indem es den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) mit dem Lern-Korrekturkoeffizienten (KREFG; KREFG1, KREFG2) modifiziert, und dass es den wenigstens einen Korrelationsparametervektor (θ ; θ_1 , θ_2) unter Verwendung des modifizierten Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAFMOD) berechnet.
7. Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Korrelationsparameter-Berechnungsmittel (5; S18) den wenigstens einen Korrelationsparametervektor (θ ; θ_1 , θ_2) unter Verwendung einer Abweichung zwischen dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) und einem Zentralwert des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) berechnet.
8. Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Korrelationsparameter-Berechnungsmittel (5; S18) den Algorithmus zur sequentiellen statistischen Verarbeitung verwendet, wobei Werte von Elementen (A, B, A1, B1, A2, B2) des wenigstens einen Korrelationsparametervektors (θ ; θ_1 , θ_2) innerhalb eines vorbestimmten Bereichs (AL, AH, BL, BH) begrenzt werden.
9. Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelsystem für einen Verbrennungsmotor, umfassend:
ein Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittel (19) zur Erfassung einer Ansaugluft-Strömungsrate (QAIR) des Motors (1),
ein Basis-Kraftstoffmengen-Berechnungsmittel (5; S25) zur Berechnung einer dem Motor (1) zugeführten Basis-Kraftstoffmenge (TIM) nach Maßgabe der durch das Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittel (19) erfassten Ansaugluft-Strömungsrate (QAIR),
ein in einem Abgassystem (12) des Motors (1) vorgesehenes Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Erfassungsmittel (14) zur Erfassung eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses,
ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten-Berechnungsmittel (5; S23) zur Berechnung eines Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) zur Korrektur einer dem Motor (1) zuzuführenden Kraftstoffmenge (TOUT) derart, dass das durch das Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Erfassungsmittel (19) erfasste Luft-Kraftstoff-Verhältnis mit einem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis übereinstimmt,
ein Korrelationsparameter-Berechnungsmittel (5; S18) zur Berechnung, unter Verwendung eines Algorithmus zur sequentiellen statistischen Verarbeitung, wenigstens eines Korrelationsparametervektors (θ ; θ_1 , θ_2), welcher eine

Korrelation zwischen dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) und der durch das Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittel (19) erfassten Ansaugluft-Strömungsrate (QAIR) definiert, sowie ein Kraftstoffmengen-Steuer/Regelmittel (5; S25) zur Steuerung/Regelung einer dem Motor (1) zuzuführenden Kraftstoffmenge (TOUT) unter Verwendung der Basis-Kraftstoffmenge (TIM) und des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) sowie

ein Abnormalitäts-Bestimmungsmittel (5; S19, S20) zur Bestimmung einer Abnormalität in dem Ansaugluft-Strömungsraten-Erfassungsmittel (19) nach Maßgabe eines Elements (A, B, A1, B1, A2, B2) des wenigstens einen Korrelationsparametervektors (θ ; θ_1 , θ_2).

10. Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelverfahren für einen Verbrennungsmotor, welches die folgenden Schritte umfasst:

a) Erfassen einer Ansaugluft-Strömungsrate (QAIR) des Motors (1) durch einen Ansaugluft-Strömungsraten-sensor (19),

b) Berechnen einer dem Motor (1) zugeführten Basis-Kraftstoffmenge (TIM) nach Maßgabe der durch den Ansaugluft-Strömungsraten-sensor (19) erfassten Ansaugluft-Strömungsrate (QAIR),

c) Erfassen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses eines dem Motor (1) zuzuführenden Luft-Kraftstoff-Gemisches durch einen in einem Abgassystem (12) des Motors (1) vorgesehenen Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (14),

d) Berechnen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) zur Korrektur einer dem Motor (1) zuzuführenden Kraftstoffmenge (TOUT) derart, dass das durch den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (14) erfasste Luft-Kraftstoff-Verhältnis mit einem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis übereinstimmt,

e) Berechnen wenigstens eines Korrelationsparametervektors (θ ; θ_1 , θ_2), welcher eine Korrelation zwischen dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) und der durch den Ansaugluft-Strömungsraten-sensor (19) erfassten Ansaugluft-Strömungsrate (QAIR) definiert, unter Verwendung eines Algorithmus mit einer sequentiellen statistischen Verarbeitung,

f) Berechnen eines Lern-Korrekturkoeffizienten (KREFG; KREFG1, KREFG2) betreffend eine Veränderung bei Eigenschaften des Ansaugluft-Strömungsraten-sensors (19) unter Verwendung des wenigstens einen Korrelationsparametervektors (θ ; θ_1 , θ_2), sowie

g) Steuern/Regeln einer dem Motor (1) zuzuführenden Kraftstoffmenge (TOUT) unter Verwendung der Basis-Kraftstoffmenge (TIM), des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) sowie des Lern-Korrekturkoeffizienten (KREFG; KREFG1, KREFG2).

11. Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelverfahren nach Anspruch 10, ferner umfassend den Schritt einer Bestimmung einer Abnormalität in dem Ansaugluft-Strömungsraten-sensor (19) nach Maßgabe des wenigstens einen Korrelationsparameters bzw. Korrelationsparametervektors (θ ; θ_1 , θ_2).

12. Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelverfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine Mehrzahl von Korrelationsparametervektoren (θ_1 , θ_2) entsprechend einer Mehrzahl von Betriebsbereichen (R1, R2) des Motors (1) berechnet werden.

13. Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelverfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrzahl von Korrelationsparametervektoren (θ_1 , θ_2), von denen jeder die Korrelation mit einem linearen Ausdruck definiert, berechnet werden, und dass der wenigstens eine Korrelationsparametervektor (θ_1 , θ_2), welcher zur Berechnung des Lern-Korrekturkoeffizienten (KREFG; KREFG1, KREFG2) verwendet wird, an einer Kreuzung (PX) von dem linearen Ausdruck entsprechenden geraden Linien (LR1, LR2) umgeschaltet wird.

14. Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelverfahren nach einem der Ansprüche 10–13, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine Korrelationsparametervektor (θ ; θ_1 , θ_2) dann berechnet wird, wenn der Motor (1) in einem vorbestimmten Betriebszustand arbeitet.

15. Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelverfahren nach einem der Ansprüche 10–14, dadurch gekennzeichnet, dass es ferner den Schritt einer Berechnung eines modifizierten Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF-MOD) durch Modifizieren des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) mit dem Lern-Korrekturkoeffizienten (KREFG; KREFG1, KREFG2) umfasst, wobei der wenigstens eine Korrelationsparametervektor (θ ; θ_1 , θ_2) unter Verwendung des modifizierten Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAFMOD) berechnet wird.

16. Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelverfahren nach einem der Ansprüche 10–15, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine Korrelationsparametervektor (θ ; θ_1 , θ_2) unter Verwendung einer Abweichung zwischen dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) und einem Zentralwert des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) berechnet wird.

17. Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelverfahren nach einem der Ansprüche 10–16, dadurch gekennzeichnet, dass der Algorithmus zur sequentiellen statistischen Verarbeitung verwendet wird, wobei Werte von Elementen (A, B; A1, B1, A2, B2) des wenigstens einen Korrelationsparametervektors (θ ; θ_1 , θ_2) innerhalb eines vorbestimmten Bereichs (AL, AH, BL, BH) begrenzt werden.

18. Kraftstoffzufuhr-Steuer/Regelverfahren für einen Verbrennungsmotor, welches die folgenden Schritte umfasst:

a) Erfassen einer Ansaugluft-Strömungsrate (QAIR) des Motors (1) durch einen Ansaugluft-Strömungsraten-sensor (19),

b) Berechnen einer dem Motor (1) zugeführten Basis-Kraftstoffmenge (TIM) nach Maßgabe der durch den Ansaugluft-Strömungsraten-sensor (19) erfassten Ansaugluft-Strömungsrate (QAIR),

c) Erfassen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses eines dem Motor (1) zuzuführenden Luft-Kraftstoff-Gemisches durch einen in einem Abgassystem (12) des Motors (1) vorgesehenen Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (14),

d) Berechnen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) zur Korrektur einer dem Motor (1) zuzuführenden Kraftstoffmenge (TOUT) derart, dass das durch den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (14) erfasste Luft-Kraftstoff-Verhältnis mit einem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis übereinstimmt,

- e) Berechnen wenigstens eines Korrelationsparametervektors (θ ; θ_1 , θ_2), welcher eine Korrelation zwischen dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF) und der durch den Ansaugluft-Strömungsraten-sensor (**19**) erfassten Ansaugluft-Strömungsrate (QAIR) definiert, unter Verwendung eines Algorithmus zur sequentiellen statistischen Verarbeitung,
- f) Steuern/Regeln einer dem Motor (**1**) zuzuführenden Kraftstoffmenge (TOUT) unter Verwendung der Basis-Kraftstoffmenge (TIM) und des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten (KAF),
- g) Bestimmen einer Abnormalität in dem Ansaugluft-Strömungsraten-sensor (**19**) nach Maßgabe des wenigstens einen Korrelationsparameters bzw. Korrelationsparametervektors (θ ; θ_1 , θ_2).

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. 1

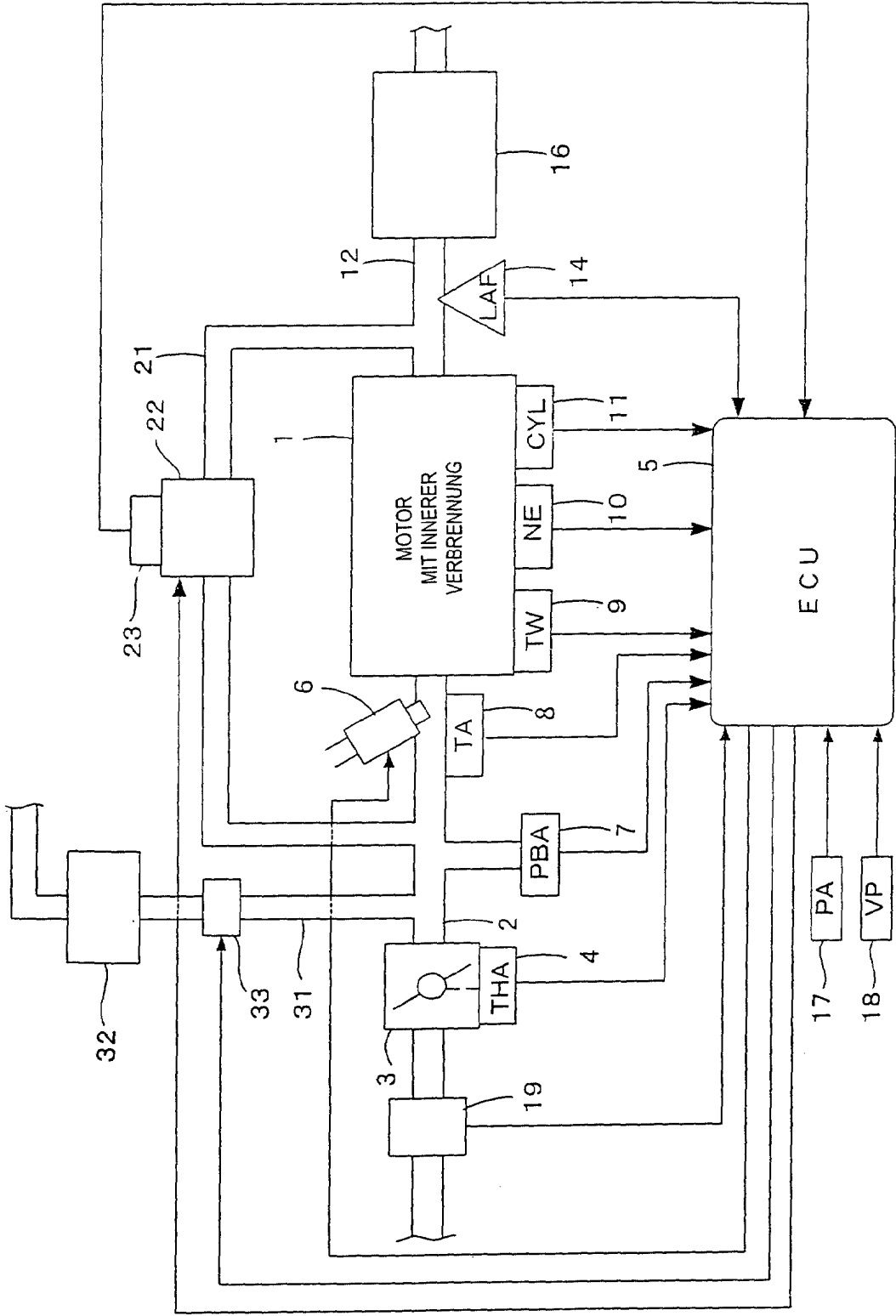


FIG. 2

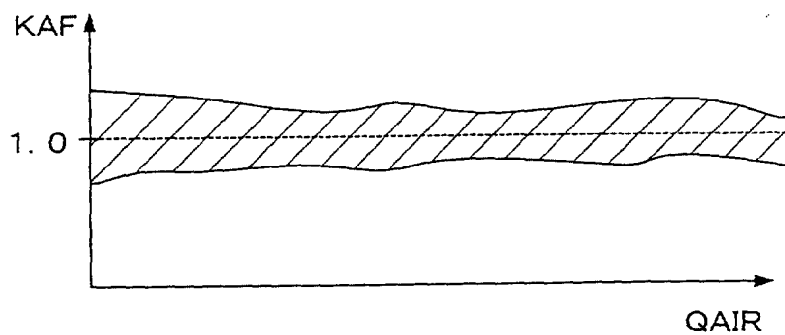


FIG. 3

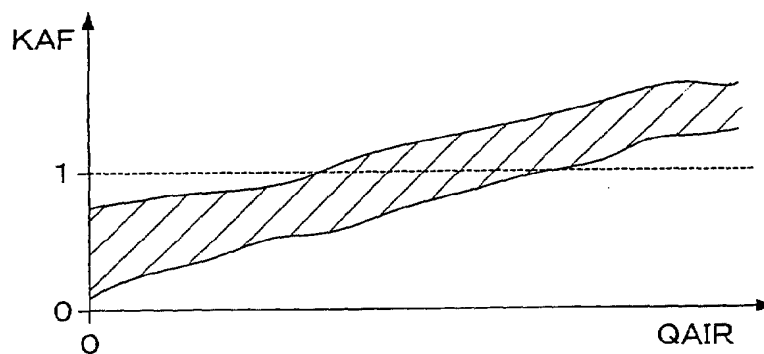


FIG. 4

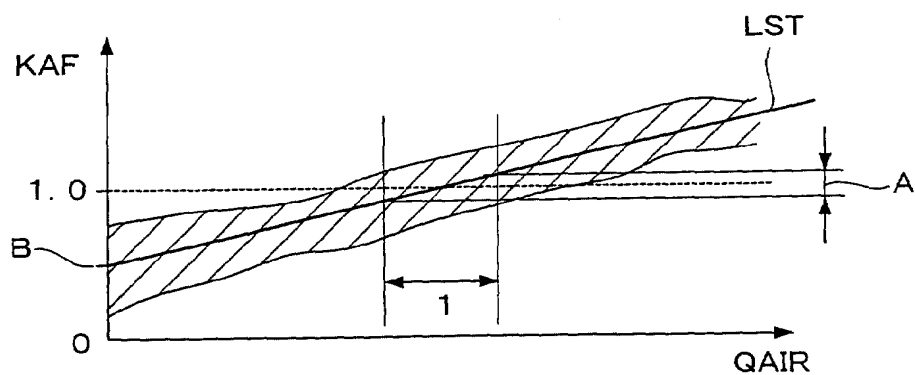


FIG. 5

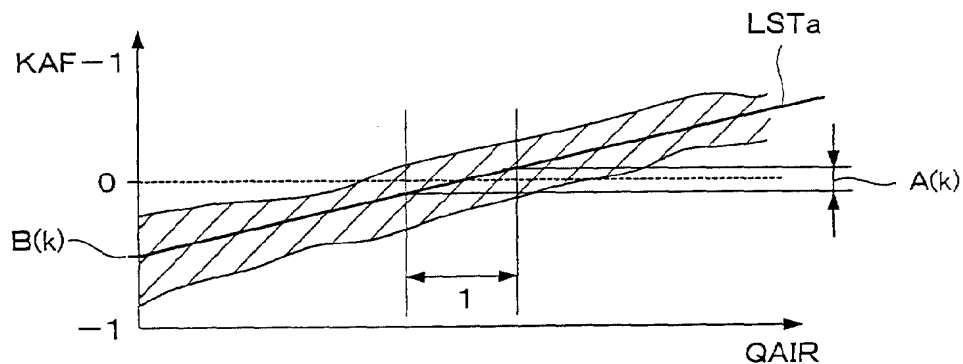


FIG. 6A

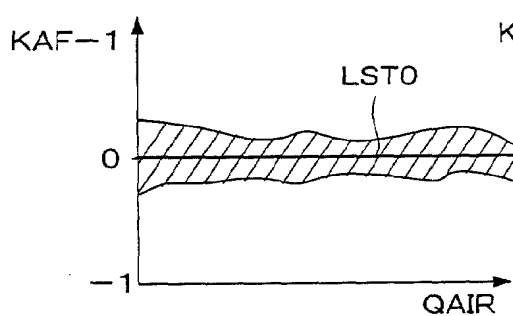


FIG. 6B

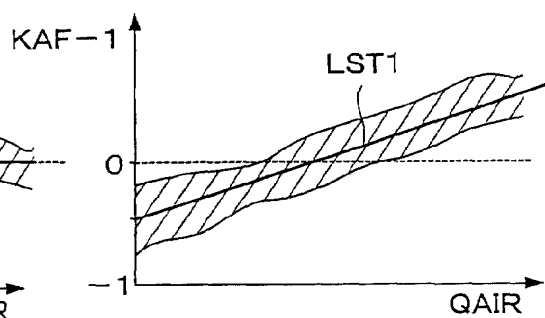


FIG. 7

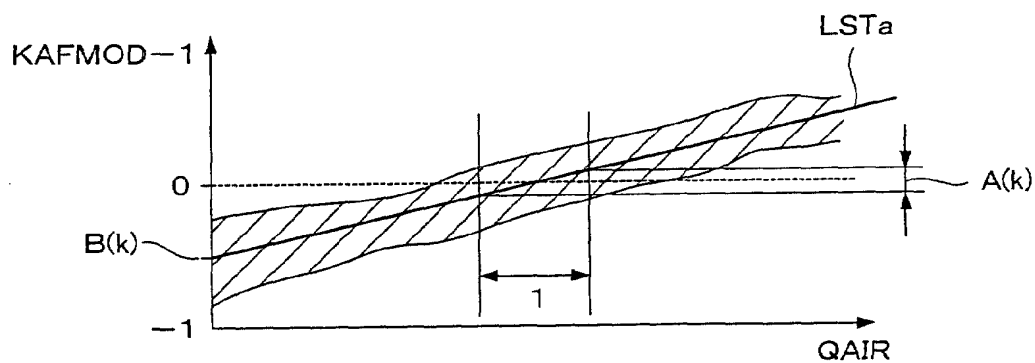


FIG. 8

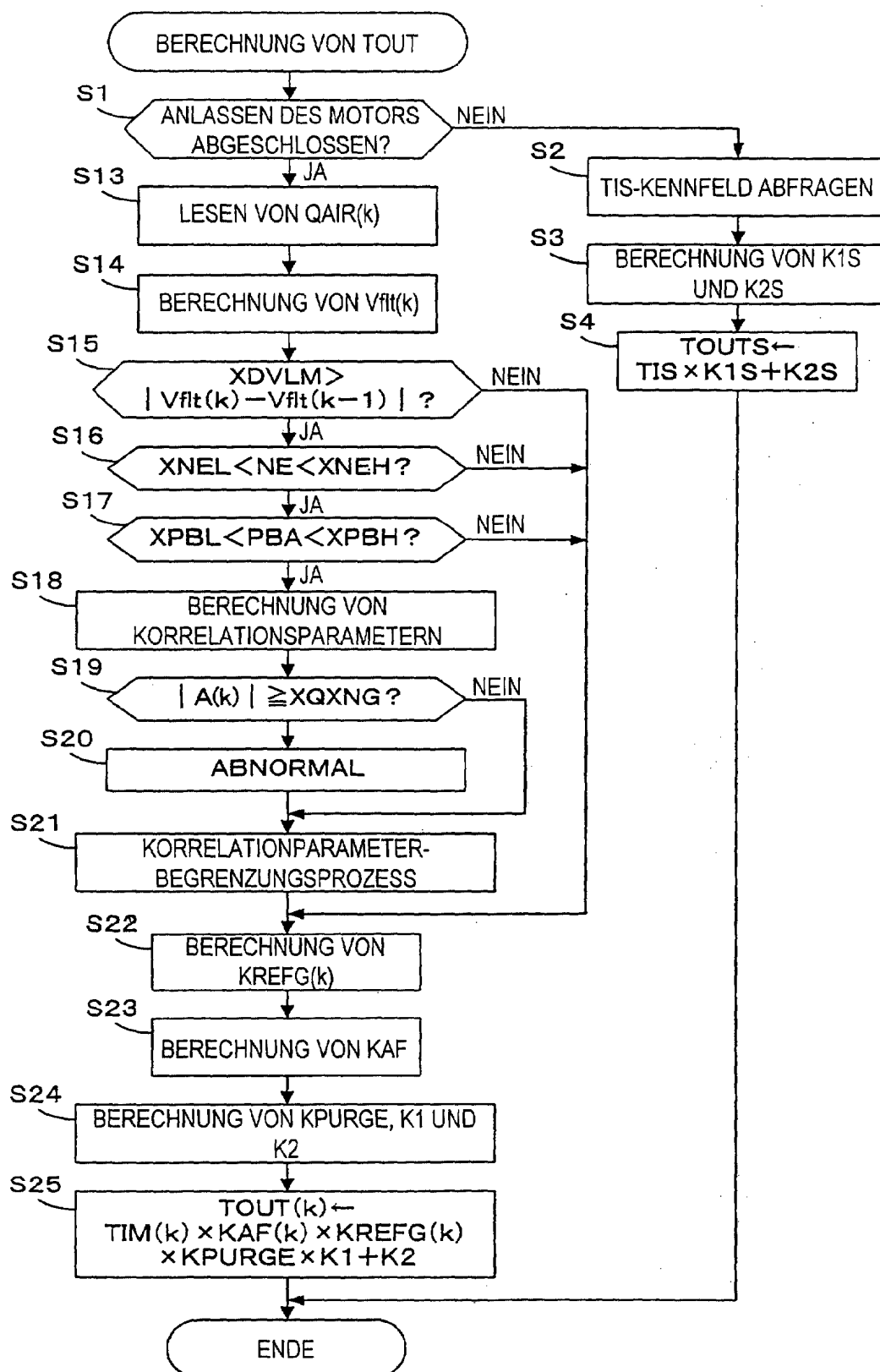


FIG. 9

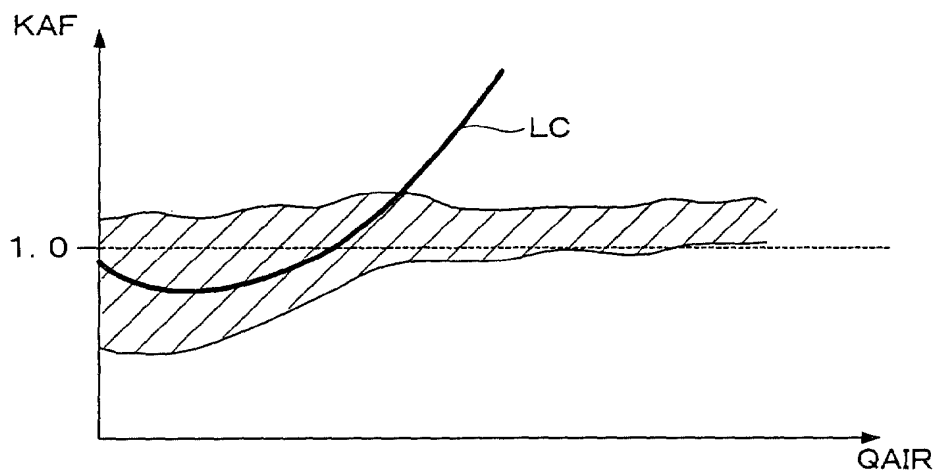
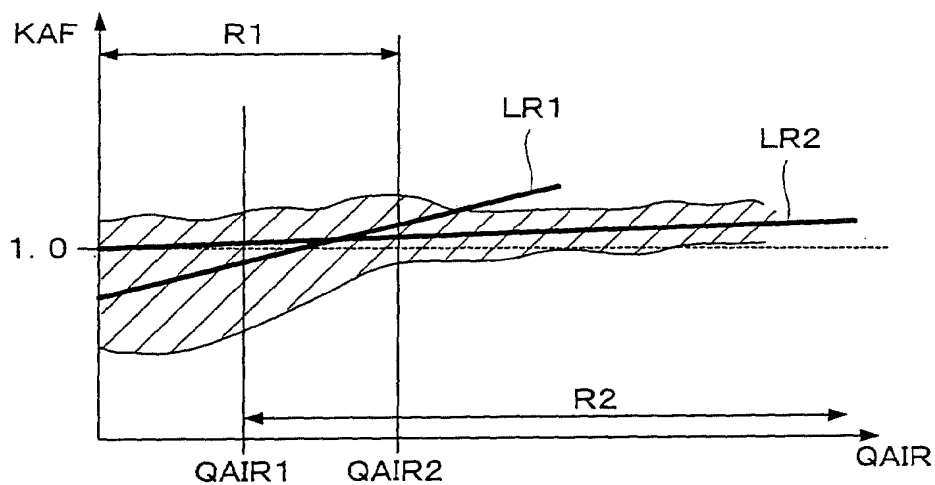


FIG. 10



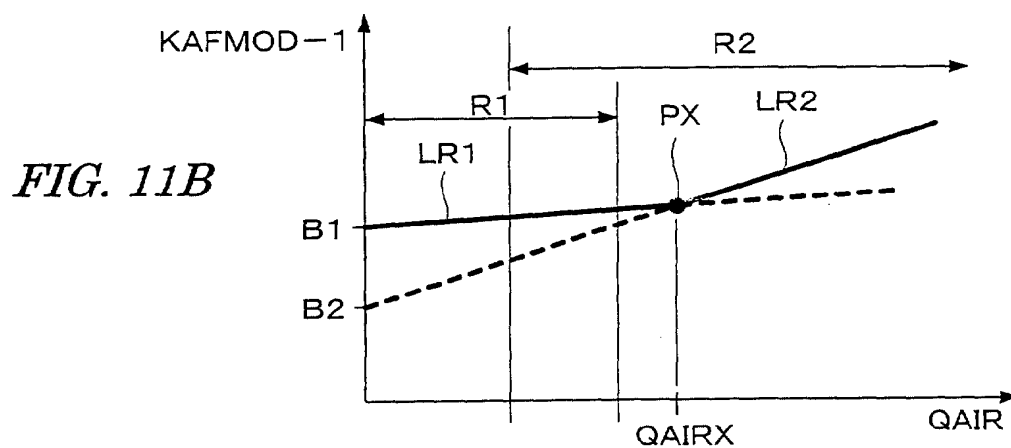
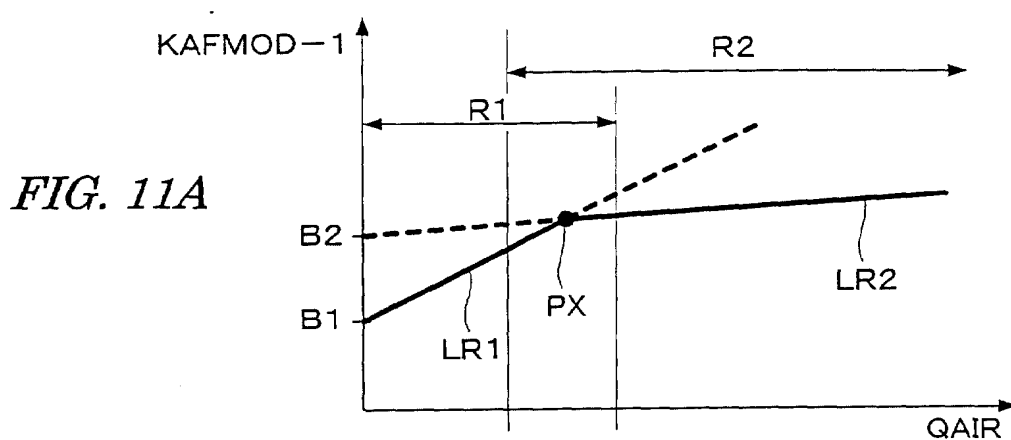


FIG. 12

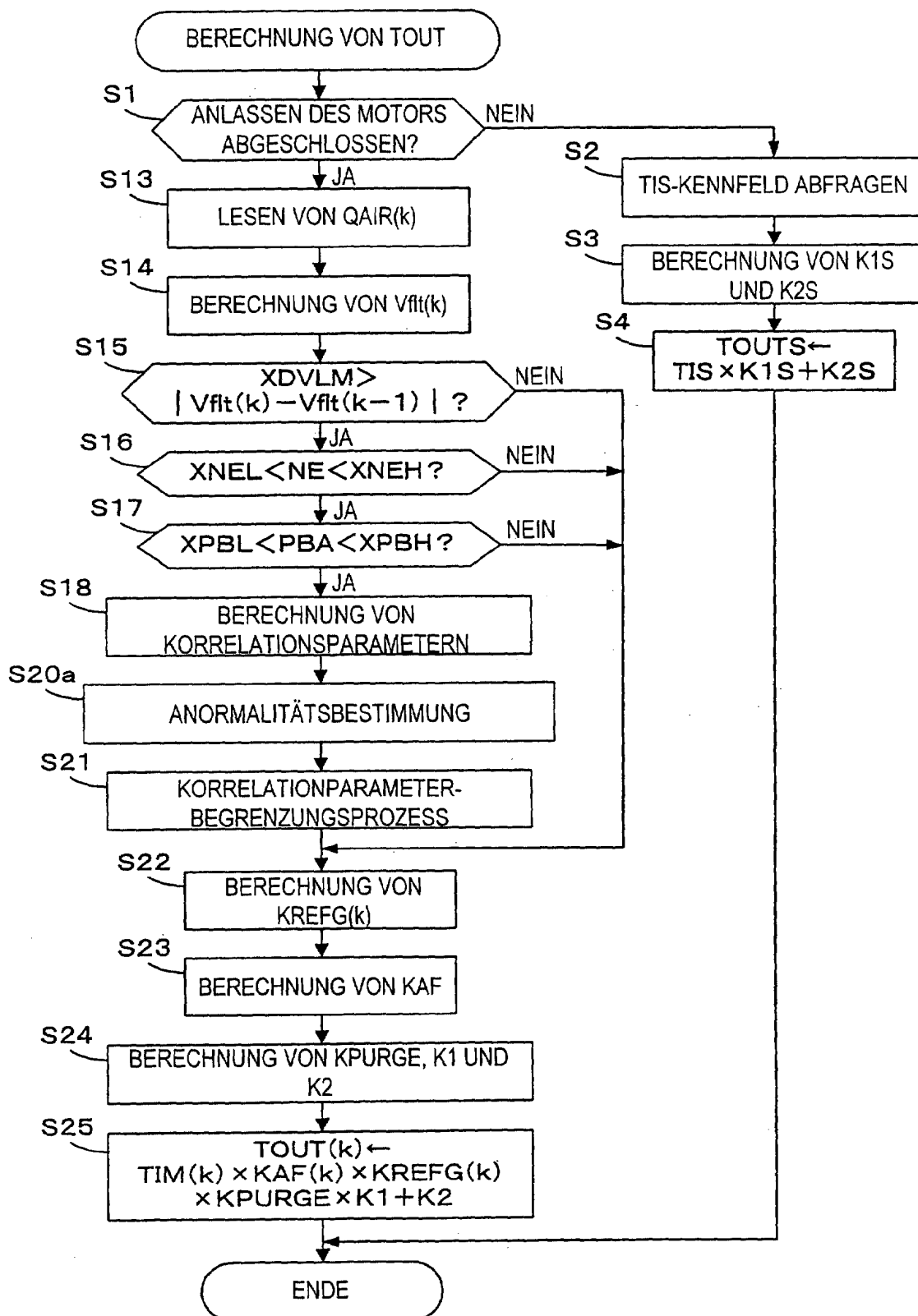


FIG. 13

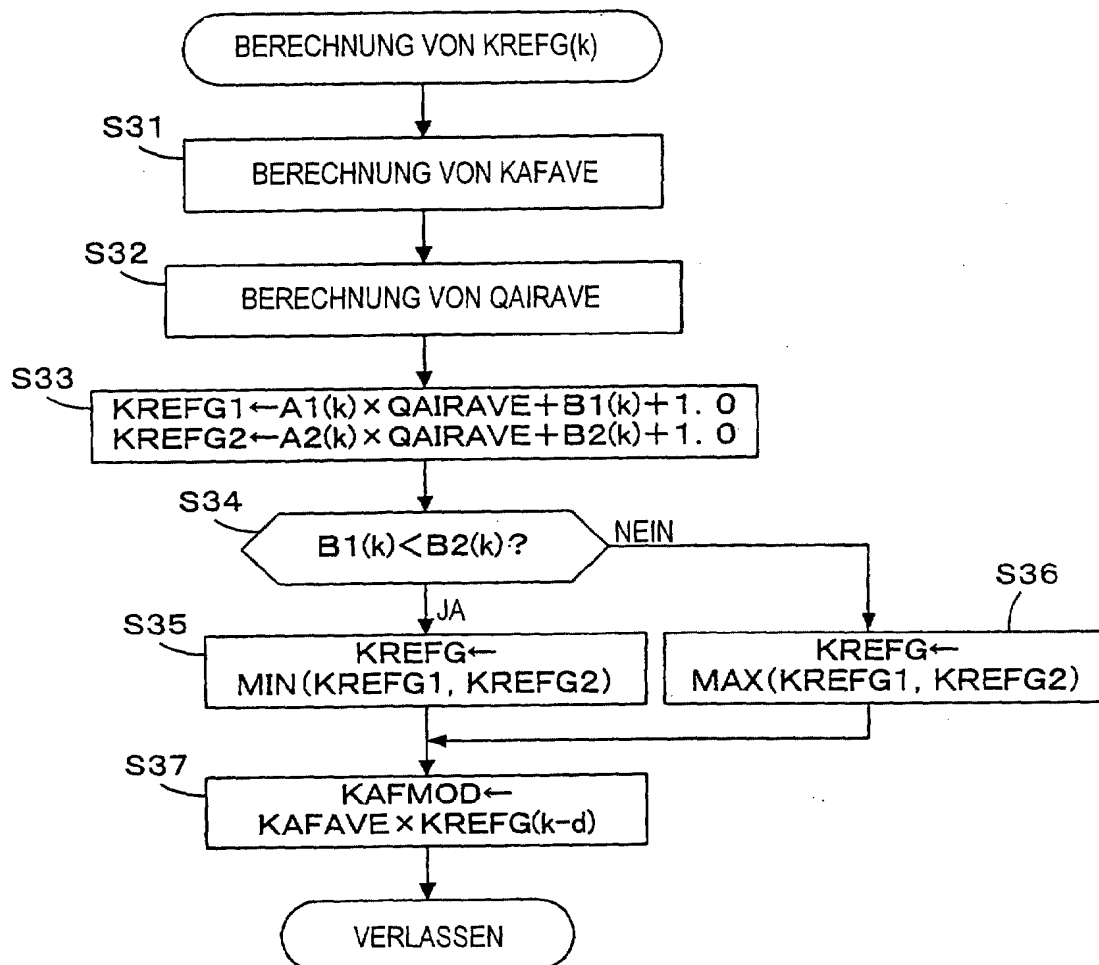


FIG. 14A

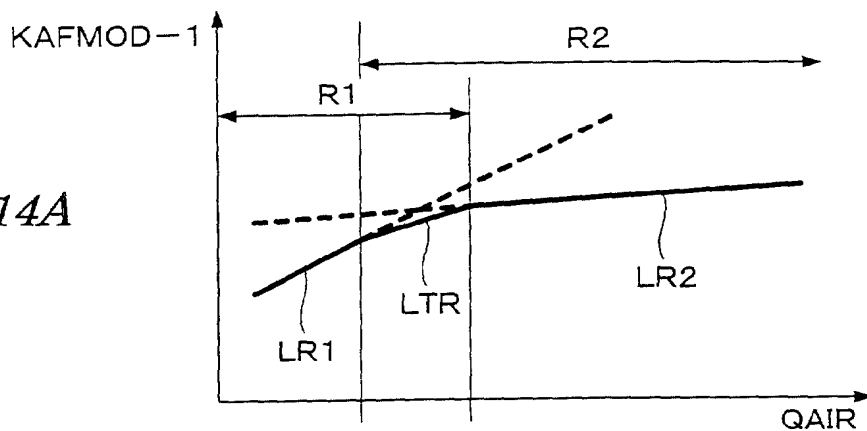


FIG. 14B

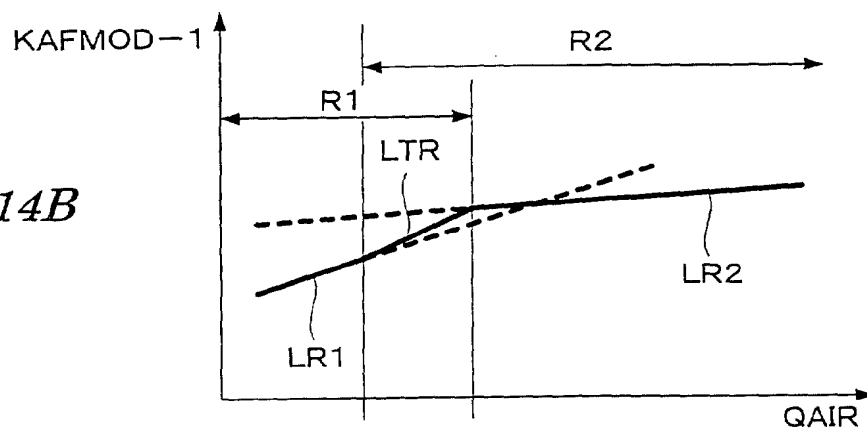


FIG. 14C

